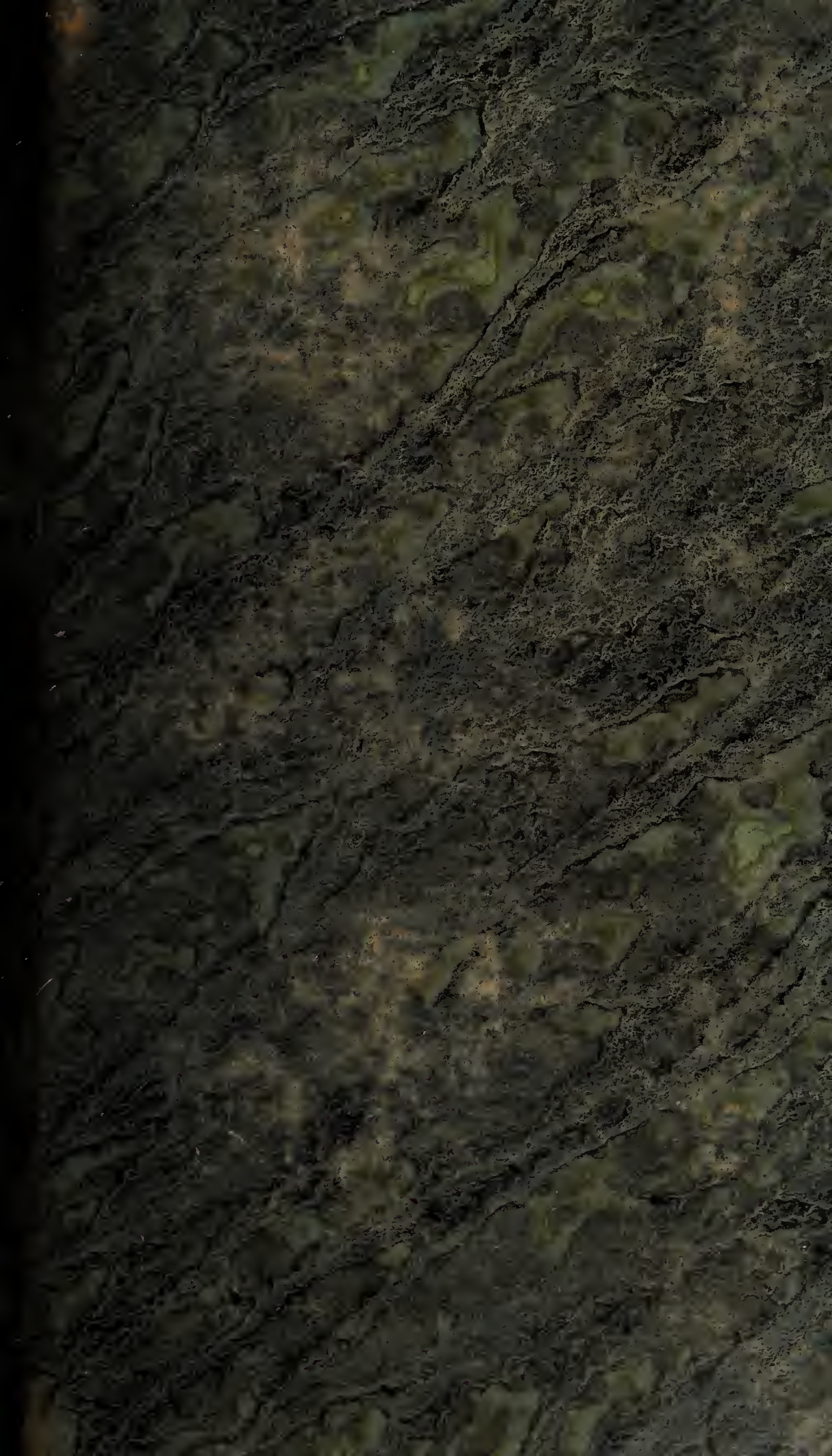



Vitam impendere Vero
Ex libris D. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXIX.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-NEUVIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1825.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Examen *de quelques Minéraux du genre* grenat.

Par M. Vachmester.

(Trad. des *Annal. der Phys. und Chem.* 1824.)

Les grenats forment un des genres les plus remarquables de la minéralogie. Ils affectent une forme cristalline qui éprouve peu de variations; mais ils comprennent différentes espèces diversifiées presque à l'infini dans la couleur et la composition. En se fondant sur cette conformité dans le caractère essentiel de la forme extérieure et sur le calcul de la figure du noyau, Haüy réunit presque toutes ces espèces en une seule. Cependant la grande contradiction qui existe entre les résultats de l'analyse chimique n'a pas pu échapper à un observateur aussi exempt de préjugé qu'ingénieux. On ne pouvait prévoir alors le système chimique, et bien loin de vouloir trouver, dans cette circonstance, une preuve du peu de certitude de l'analyse, il fut le premier à reconnaître l'importance de l'objection à laquelle ce

fait donne lieu contre son propre système, et nous voyons, dans son tableau comparatif, combien cet auteur éclairé était embarrassé dans l'examen d'une foule d'analyses de grenats, pour les amener à la conformité, faute de laquelle ils sont réunis contrairement à l'accord constant qui existe entre le système géométrique et le système chimique : accord qui relève singulièrement l'importance scientifique de la minéralogie.

Les grenats présentent de grandes difficultés; car les analyses les plus exactes donnent des proportions différentes dans la composition de ce minéral, presque pour chaque localité, sans que le calcul (en considérant comme mélange étranger la gangue que ce minéral est sujet à renfermer) puisse faire reconnaître un principe commun de composition pour toutes les espèces.

Mais la découverte de M. Mitscherlich, savoir, la propriété qu'ont les bases isomorphes de cristalliser ensemble et de pouvoir se remplacer réciproquement dans l'assemblage des cristaux, joint au principe des proportions définies de Berzélius, a donné une induction qui peut amener sur ce point à un résultat satisfaisant. S'il se trouvait, comme je le crois, que les différens grenats dussent former des espèces séparées, il en résulterait une nouvelle confirmation de cette importante découverte, et ce minéral en deviendrait plus intéressant.

J'ai maintenant l'honneur de soumettre à l'Académie royale les recherches que j'ai faites à ce sujet. Ces recherches se rapportent à un trop petit nombre d'espèces, comparativement à celles qui existent, pour qu'on puisse avec certitude en déduire un principe gé-

néral ; mais elles pourront être utiles à ceux qui entreprendront un travail plus étendu.

J'ai regardé comme superflu de décrire plus d'une fois la méthode employée pour l'analyse chimique des grenats ; je les ai tous traités par le même procédé.

N° 1. *Grenat de Engso.*

Forme du cristal : trapézoïde ayant les angles tronqués. Faces du cristal : éclat faible, indistinctement striées dans le sens de la plus grande diagonale. Cassure : en grand, feuilletée ; en petit, inégale. Couleur : rouge foncé, tirant sur le violet et matte, translucide vers le bord. Vient de l'île d'Engso, dans le lac Melhal ; se trouve dans un feldspath blanc, tacheté de vert, souvent en cristaux gros comme une noix et au-delà ; dureté : raie le quarz. Poids spécifique, 4,236.

Au chalumeau, il fond en boule magnétique et devient alors mât ou métallique. Avec le borax, il se fond difficilement en un verre fortement coloré par le fer ; il en est de même avec le sel de phosphore, en laissant un résidu floconneux de silice. Avec la soude sur le charbon, le flux s'introduit dans ce dernier, et laisse l'essai comme une scorie poreuse. Sur une feuille de platine, il manifeste fortement la présence du manganèse. Sa poussière est rose, et devient rouge de brique par calcination.

Analyse.

A. 1 g. a été réduit en poudre impalpable après l'avoir fait éclater par calcination brusque. Chauffé avec 5 g. de

carbonate de potasse pendant deux heures, il s'est fondu; et la masse, noire-verdâtre, s'est dissoute complètement dans l'acide muriatique avec dégagement de chlore à l'aide de la chaleur. La dissolution fut évaporée à sec à une douce chaleur, en ayant soin de remuer, vers la fin, avec une baguette de verre. La masse séchée fut humectée avec de l'acide muriatique et abandonnée à elle-même pendant deux heures; puis on versa de l'eau dessus, et la silice déposée fut recueillie sur un filtre, lavée, calcinée pendant un bon quart d'heure et pesée. Le poids fut 0,3915, déduction faite de $\frac{1}{2}$ p. $\frac{0}{0}$ provenant de la cendre du filtre.

B. Le liquide, séparé de la silice, fut mêlé avec de l'ammoniaque caustique en très-petit excès, et placé dans un vase recouvert d'une plaque de verre. Le précipité fut recueilli sur un filtre, calciné et pesé. Après l'avoir dissous de nouveau dans l'acide muriatique, il resta un peu de silice. La dissolution fut mise avec de la potasse caustique en assez grand excès pour redissoudre l'alumine précipitée avec le fer. Après une ébullition d'une heure et après avoir essayé avec de l'ammoniaque suivant l'usage, on lava la partie non dissoute, on calcina et on pesa : la différence entre ce poids et le premier donna, par la perte, la quantité d'alumine = 0,1995.

C. L'oxide de fer laissé après la séparation de l'alumine fut dissous, à l'aide de l'ébullition, dans l'eau régale. La silice qui resta, recueillie et lavée, pesa, abstraction faite de la cendre du filtre, 0,0045.

D. Dans la dissolution contenant le fer, après qu'on eut neutralisé l'acide aussi exactement que possible avec

de l'ammoniaque caustique, on précipita l'oxide de fer par le succinate d'ammoniaque; on lava le précipité d'abord avec de l'eau froide, puis avec de l'ammoniaque caustique, et on le calcina; ce qui donna oxide de fer 0,378, correspondant à 0,3393 d'oxide magnétique (*oxidul* en allemand).

E. La liqueur restante après la séparation du fer fut saturée avec du carbonate de potasse et évaporée à sec. Le liquide provenant de la dissolution du dépôt dans l'eau laissa un résidu qui, reçu sur un filtre et calciné, donna 0,072 d'oxide rouge de manganèse, correspondant à 0,0669 de protoxide (*oxidul* en allemand). Après une nouvelle dissolution dans l'acide muriatique, le liquide évaporé de nouveau laissa 0,010 de silice, contenant encore un peu de manganèse et une trace de chaux.

Les parties constituantes du grenat d'Engso sont donc, d'après cette analyse :

			Pour cent.	Ox. contenu.
Silice	*A* *C* *E*	0,4060	40,60	20,42
Alumine	*B*	0,1995	19,95	9,31
Protoxide de fer	*D*	0,3393	33,93	7,72
Protoxide de mangan.	*E*	0,0669	6,69	1,46
			101,17.	

Ceux qui ont employé avec soin les méthodes exactes dont on a fait usage dans ces derniers temps pour éviter les pertes, peuvent facilement se rendre compte du gain que donne cette analyse. La difficulté, qui va souvent jusqu'à l'impossibilité d'obtenir des réactifs complète-

ment purs, et de laver parfaitement les précipités, est cause qu'avec les plus grands soins dans la conduite d'une analyse il est presque plus difficile d'éviter un gain qu'une perte.

En calculant, d'après cette analyse, la composition du grenat d'Engso, on trouve que les deux bases isomorphes, l'oxide de fer et l'oxide de manganèse, contiennent ensemble autant d'oxigène que l'alumine qui forme la base d'un des deux silicates dont se compose le grenat.

La formule du grenat d'Engso est par conséquent :

$$\left.\begin{matrix} f \\ mn \end{matrix}\right\} S + AS.$$

Il y a, à la vérité, un petit excès dans l'élément électronégatif ; mais cet excès provient vraisemblablement de la potasse avec laquelle le minéral a été attaqué ; peut-être en partie aussi de la plaque de pierre sur laquelle il a été broyé, et surtout d'un mélange mécanique de quarz dont les minéraux sont bien rarement tout-à-fait exempts.

Le grenat de Falhun qui a été analysé par M. Hisinger ressemble parfaitement au grenat d'Engso sous le rapport de sa forme extérieure, de son poids spécifique et de sa composition chimique, et offre avec l'analyse précédente un rapprochement intéressant par rapport à la propriété des bases de se remplacer réciproquement.

Le grenat de Fahlun a été trouvé composé de :

Silice	39,66	contenant d'oxigène	19,67 ;
Alumine.	19,66		9,18 ;
Protoxide de fer.	39,68		9,04.
Protoxide de manganèse.			

Dans les deux grenats on trouve la base de l'un des silicates (l'alumine) presque en même proportion. Les bases des autres silicates sont très-différentes. Dans le grenat d'Engso il y a une quantité de fer moins grande que dans le grenat de Fahlun; le fer se trouve remplacé par une quantité correspondante d'oxidule de manganèse, et le rapport est tel dans les deux grenats que l'oxigène des deux oxides est égal à l'oxigène de l'alumine.

N° 2. *Grenat de New-Yorck.*

Forme du cristal : dodécaèdre rhomboïdal régulier ; surface brillante striée parallèlement à la grande arête. Couleur : rouge-violet sombre ; dureté et manière de se conduire au chalumeau, comme dans l'espèce précédente. Cependant il est un peu plus fusible dans les flux, et manifeste moins fortement la présence du manganèse que le premier. Il fournit une poussière rouge-grisâtre, qui devient plus sombre par la calcination. Pesanteur spécifique : 3,90. Se trouve près de New-Yorck, dans l'Amérique du Nord, renfermé dans un schiste micacé qui est très-riche en mica.

L'analyse donne :

Silice................	42,51	contenant d'oxigène 21,38;
Alumine.............	19,15	8,94;
Peroxide de fer........	33,57	7,64;
Protoxide de manganèse.	5,49	1,10;
Chaux (1)............	1,07	0,28.
	101,79.	

Quant au gain trouvé, les réflexions faites plus haut peuvent s'appliquer ici principalement, pour la silice. Ce résultat peut provenir aussi du mica altéré qui devait se trouver dans l'échantillon soumis à l'analyse, et dont la présence se manifestait par de petits points brillans dans la poussière.

La formule est, sans aucune difficulté, semblable à la précédente. En ne considérant pas la chaux comme étrangère, cette formule est la suivante :

$$\left.\begin{matrix} f \\ mn \\ c \end{matrix}\right\} S + AS.$$

N° 3. *Grenat de Halland.*

Cassure unie, passant à la cassure conchoïde et inégale; manifeste en grand une tendance indistincte à former un clivage; est dur, raie le quarz; couleur claire,

(1) La chaux a été dosée en la précipitant avec de l'oxalate d'ammoniaque, calcinant le précipité au rouge naissant, et pesant à l'état de carbonate de chaux; puis dissolvant dans l'acide muriatique, sursaturant avec de l'acide sulfurique pur, calcinant et pesant de nouveau.

tirant un peu plus vers le violet que les grenats ordinaires ; translucide vers les bords minces ; éclat fortement résineux ; donne une poussière gris clair, tirant sur le rose, qui devient jaunâtre par une forte calcination ; poids spécifique = 4,188.

Au chalumeau, il se fond aisément en une boule terne et métallique. Dans le borax, il se dissout très-difficilement ; la masse noircit dans le flux, diminue peu à peu, et donne au verre une couleur ferrugineuse qui disparaît bientôt. Dans le sel de phosphore il est dissous d'une manière insensible, et colore cependant un peu le verre ; il fond difficilement avec la soude sur le charbon en une scorie vitreuse : sur une lame de platine il manifeste la présence du manganèse.

Afin d'avoir exactement la proportion de chaux contenue dans ce grenat, on précipita, après la séparation de la silice de la première liqueur acide, l'alumine et l'oxide de fer par le carbonate de potasse, qui laissa en dissolution la chaux et la magnésie à l'état de bi-carbonate. La dissolution fut mêlée avec de l'acide muriatique, dont l'excès fut saturé par de l'ammoniaque, et ensuite on sépara la chaux par l'oxalate d'ammoniaque. La magnésie fut précipitée ensuite par le carbonate de potasse, en faisant bouillir la liqueur et évaporer à siccité. Cette terre, lavée, calcinée et pesée, fut ensuite redissoute dans l'acide sulfurique pour séparer la silice.

Le manganèse qui n'avait pas été précipité par le carbonate de potasse fut séparé avant de précipiter la magnésie par l'hydro-sulfate d'ammoniaque, dissous dans l'acide muriatique, précipité par le carbonate de potasse, lavé, calciné, pesé. Une plus petite partie du

manganèse qui accompagnait la magnésie fut séparée de celle-ci et portée à part dans le calcul. Pendant le traitement par le carbonate de potasse, le vase qui contenait la liqueur fut recouvert d'un verre convexe afin que l'effervescence due à l'acide carbonique qui se dégage ne causât aucune perte. L'alumine fut extraite par l'ébullition du précipité, au moyen de l'alcali caustique, jusqu'à ce que l'épreuve avec l'ammoniaque indiquât qu'elle était enlevée en totalité. Après quoi, elle fut précipitée et redissoute dans l'acide muriatique, puis précipitée de nouveau par du carbonate d'ammoniaque. La terre, pesée après calcination, fut redissoute dans l'acide sulfurique concentré pour en séparer la petite quantité de silice qu'elle contenait.

Cette analyse donna :

Silice..................	41,00	cont. oxig.	20,623 ;
Alumine..............	20,10		9,388 ;
Protoxide de fer.......	28,81		6,500 ;
Magnésie.............	6,04		2,338 ;
Chaux................	1,50		0,421 ;
Protoxide de manganèse.	2,88		0,633.
	100,33.		

Quoiqu'il y ait un petit excès de silice par rapport aux bases, comme on le voit dans la deuxième colonne, la composition de ce grenat est exprimée par la formule :

$$\left.\begin{matrix} f \\ c \\ M \\ mn \end{matrix}\right\} S + AS,$$

en ne considérant pas la chaux comme un mélange étranger.

N° 4. *Grenat schisteux de Halland.*

Cassure : à grandes lames ou schisteuse avec trois clivages distincts ; très-cassant et éclate facilement dans le sens de deux clivages, ce qui détermine nettement la propriété de se casser en tables. La transparence et la manière de se comporter au chalumeau sont les mêmes que dans les grenats précédens ; mais la couleur est plus claire. Eclat insignifiant. Dans quelques échantillons, la surface est terne, brune ou recouverte d'oxide de fer ; il donne une poussière d'un rouge faible, qui par la calcination devient rouge brun, couleur d'ocre. Densité = 4,043.

Se trouve, à Halland, près de Halmstatt, en morceaux très-saillans, dans une roche composée de petits cristaux d'amphibole ; mêlé avec du quarz à grains fins, qui contient en outre des petits cristaux de grenat qui sont vraisemblablement du même genre.

L'analyse donne :

Silice...............	42,000	cont. d'oxig.	21,12 ;
Alumine............	21,000		9,80 ;
Protoxide de fer......	25,180		5,73 ;
Chaux..............	4,980		1,39 ;
Magnésie............	4,320		1,67 ;
Protoxide de manganèse.	2,375		0,52 ;
Perte...............	0,145		
	100,000 ;		

de laquelle on peut faire dériver la formule :

$$\left.\begin{matrix} f \\ c \\ M \\ mn \end{matrix}\right\} S + AS.$$

N° 5. *Grenat du Vésuve.*

Se trouve au Vésuve, en petits cristaux, ayant la forme d'un dodécaèdre rhomboïdal allongé; le plus souvent groupés les uns sur les autres, et accompagnés d'un minéral blanc qui est en partie en petits grains comme le grenat et en partie en veinules dans ce grenat.

Les cristaux sont bruns-rougeâtres, brillans, transparens sur les bords et raient profondément le verre, mais non le quarz. Densité, 3,488. Au chalumeau, ce minéral fond tranquillement et facilement en boule, non magnétique, dont la cassure est brillante sans taches ternes; dans le borax, il se dissout difficilement; l'essai devient sous l'influence du feu un peu sombre, et annonce la réaction d'une petite quantité de fer. Avec le sel de phosphore il est seulement lentement décomposé. Il fond avec la soude sur le charbon en boule brillante, et manifeste sur la lame de platine la présence du manganèse. L'analyse, après avoir trié les fragmens visibles du minéral blanc, a donné le résultat suivant :

Silice	39,93	cont. d'oxig.	20,08;
Alumine	13,45		6,28;
Chaux	31,66		8,89;
Peroxide de fer	14,90		4,56;
Protoxide de manganèse	1,40		0,31.
	101,34.		

L'alumine, d'après la quantité d'oxigène qu'elle contient, paraîtrait devoir être réunie avec l'oxide de fer pour former la base d'un des silicates; mais comme la

chaux et la magnésie contiendraient alors moins d'oxigène que l'alumine et le fer, on est autorisé à admettre qu'une partie de ce métal est à l'état d'oxidule, comme il suit :

Silice..................	39,93	cont. d'oxig.	20,08 ;
Alumine...............	13,45		6,28 ;
Peroxide de fer........	10,95		3,35 ;
Protoxide de fer.......	3,55		0,81 ;
Chaux.................	31,66		8,89 ;
Protoxide de manganèse.	1,40		0,30.
	100,94.		

D'après ce calcul, la composition de ce grenat doit être exprimée par la formule :

$$\left.\begin{matrix} f \\ c \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

Quoique l'examen du minéral qui accompagne le grenat du Vésuve soit étranger au présent travail, je crois cependant devoir lui accorder une place comme supplément à cet article, parce que ce minéral appartient à une espèce encore mal connue, savoir les sodalites.

Examen du minéral blanc qui accompagne le grenat du Vésuve ci-dessus.

Ce minéral est d'une couleur blanche, un peu transparent ; sa texture est grenue et rude. Au chalumeau, il ne perd pas sa transparence avant de se fondre, et ne donne pas d'eau. Réduit en fragmens très-

minces, il fond sur les bords en bouillonnant un peu plus facilement que la mésotype ou la méionite, et beaucoup plus facilement que l'albite ou *eisspath*. Il se dissout lentement et sans effervescence dans le borax et forme un verre incolore; l'essai se disperse dans le flux, et la partie non fondue ressemble à un résidu de silice dans le sel de phosphore. Un petit fragment se fond facilement dans le sel de phosphore, mais ne se boursouffle point et ne se décompose par conséquent pas. Avec la soude, il se fond lentement sur le charbon, avec un bouillonnement continuel, en une boule incolore qui, par une longue insufflation, devient terne et moins bulleuse. Avec la solution de cobalt, il donne une faible couleur bleue sur les bords; il ne manifeste pas avec l'oxide de cuivre la présence de l'acide muriatique, que l'on trouve cependant par voie humide. Par l'ébullition avec l'acide muriatique et l'acide nitrique, il est assez facilement décomposé et abandonne de la silice en masse gélatineuse.

Des fragmens desséchés à une douce chaleur ne perdent pas de leur poids par une calcination d'un quart d'heure au creuset de platine, et n'éprouvent aucun changement.

L'analyse donne :

Silice................	50,98	cont. d'oxig.	25,64;
Alumine..............	27,64		12,91;
Soude................	20,96		6,7;
Acide muriatique......	1,29.		
	100,87.		

Si on admet que le muriate, qui n'appartient probablement pas à la composition essentielle de ce minéral, contient, soit de l'alumine pure, soit plus vraisemblablement de l'alumine et de la soude, mais non de la soude pure, dans le rapport qui correspond à l'acide muriatique, la formule paraît être $NS^2 + 2\,AS$, pour laquelle cependant il existe un petit excès de silice.

Quoique cette formule soit la seule qui puisse être déduite de l'examen de la sodalite du Vésuve fait par le comte Borkowski, son analyse ne peut cependant s'accorder avec celle du minéral que j'ai décrit ici. Il existe une plus grande différence encore entre mon analyse et celle d'une sodalite de M. Arfwedson, qu'il considère cependant comme la même que celle qui a été examinée par le comte Borkowski. Ayant eu occasion de faire un essai sur un morceau de l'échantillon que M. Arfwedson a examiné, je l'ai trouvé très-différent de celui que j'ai analysé. L'échantillon de M. Arfwedson est beaucoup plus difficilement fusible, et l'acide muriatique, qui y entre dans la proportion de 5,3 pour cent, se manifeste facilement par la réaction ordinaire. Ces deux minéraux sont donc différens l'un de l'autre.

N° 6. *Grenat jaune de Langbanshytta.*

Cassure unie, se rapprochant plus de la cassure grenue que de la cassure lamelleuse; ne présente aucun vestige du reflet vitreux qui caractérise le grenat foncé de Langbanshytta (*rothofit*); raie le verre, fait feu au briquet, est rayé par le quarz, est translucide sur les bords; couleur jaune, plus ou moins brune, ressemblant à la gomme gutte sèche; éclat résineux; donne

une poussière jaune-citron pâle, mais non grisâtre, comme le *rothofit*. Densité = 3,965. Se dissout dans l'acide muriatique avec bouillonnement sans dégagement de chlore. Se trouve près de Langbanshytta, en grandes ou en petites masses, quelquefois engagé dans le *rothofit*.

Sur la surface de quelques échantillons on remarque des indices de cristallisation.

Au chalumeau, il se fond en un bouton noir, brillant, magnétique, qui devient parfaitement sphérique, mais avec beaucoup plus de difficulté que les autres grenats. Dans le borax et le sel de phosphore, il se résout facilement en un verre assez fortement coloré par le fer. Sur le charbon, il fond avec la soude en un bouton foncé, avec une surface un peu inégale. Il montre sur la lame de platine une forte réaction de manganèse. Le résultat de l'analyse est :

Silice..................	35,10	cont. oxig.	17,69;
Peroxide de fer.........	29,10		8,92;
Chaux.................	26,91		7,53;
Protoxide de manganèse...	7,08		1,55;
Potasse................	0,98		
Perte en acide carbonique.	0,80.		
	100,00.		

J'attribuai, dans un premier essai, la présence inattendue de la potasse, en partie au feldspath de la plaque de porphyre sur laquelle le minéral fut broyé, en partie au pilon, et en partie à la matière du verre dans lequel il fut dissous, et qui paraissait avoir été rongé par l'acide.

En conséquence, dans une seconde recherche, je me servis pour broyer d'une plaque d'agate, et j'effectuai la dissolution dans une capsule de platine. Après que la terre et les métaux eurent été précipités, la dissolution fut évaporée à sec et le sel calciné. Après avoir redissous de nouveau, il resta un peu de manganèse qui avait échappé au précipité par l'hydro-sulfate d'ammoniaque, et qui était maintenant devenu insoluble. Une petite quantité de muriate de chaux fut précipitée par de l'oxalate d'ammoniaque. La masse de sel qui resta après une nouvelle évaporation fut calcinée pour détruire l'oxalate d'ammoniaque, dissoute de nouveau et évaporée pour faire cristalliser; le sel de potasse se déposa alors en petites tables rectangulaires : ces tables furent dissoutes dans l'eau mélée avec une dissolution de sel double de muriate de platine et de soude, et évaporée à une douce chaleur. Les sels furent traités par l'alcool concentré, mais non privé d'eau, qui ne dissout pas le sel double de potasse. Ce sel, recueilli sur un filtre, lavé avec de l'alcool, fut séché et pesé; j'ai calculé la quantité d'alcali en admettant que le sel de platine contient 30,73 p. $\frac{0}{0}$ de muriate de potasse.

Plusieurs essais faits pour déterminer l'acide carbonique donnèrent des résultats très-discordans; ce qui confirme la présomption que le carbonate de chaux appartient à un mélange mécanique.

La composition de ce grenat est sans aucun doute représentée par la formule

$$\left.\begin{matrix} c \\ mn \end{matrix}\right\} S + FS.$$

N° 7. *Grenat jaune de la contrée d'Alteneau.*

Cristallisé en dodécaèdre allongé ; cassure inégale, s'approchant d'être grenue ; couleur jaune sombre presque comme la gomme gutte impure ; l'éclat de la surface du cristal fortement vitreux ; dans la cassure, éclat quarzeux ; dur, raie le quarz, mais faiblement ; donne une poussière jaune-blanche ; se trouve dans un minerai de fer noir magnétique, en cristaux drusiques, de la grosseur d'une petite noix ; densité = 3,871.

Se comporte au chalumeau exactement comme le grenat de Langbanshytta ; mais il est un peu plus difficile à fondre. Se dissout dans l'acide muriatique sans effervescence et sans dégagement de chlore, avec un résidu de silice gélatineuse.

Le résultat de l'analyse est :

Silice	35,64	cont. oxig.	17,92 ;
Peroxide de fer	30,00		9,24 ;
Chaux	29,21		8,20 ;
Protoxide de manganèse	3,02		0,66 ;
Potasse	2,35		0,39.
	100,22.		

Ce grenat, dont M. Berzelius a eu la bonté de me donner un échantillon de sa collection pour l'analyser, me paraît remarquable par la présence de la potasse. Sa ressemblance avec le précédent, non-seulement à l'égard de cet élément, mais aussi par la fusibilité et la couleur, fait regretter que la proportion de la potasse ne soit pas la même. Il serait certainement très-intéres-

sant de trouver ce grenat cristallisé, avec le grenat en masse compacte de Langbanshytta.

L'analyse donne la formule

$$\left.\begin{matrix} c \\ mn \end{matrix}\right\} S + FS.$$

On peut cependant demander si la potasse se trouve dans ce grenat comme base d'un silicate particulier mêlé mécaniquement, ou si elle ne doit pas être ajoutée aux deux autres bases, qui comme elle contiennent 2 atomes d'oxigène. Un petit excès de base, dans le deuxième terme de la formule, vient du fer que le grenat a vraisemblablement pris à sa gangue.

N° 8. *Grenat verdâtre de Hesselkulla.*

Il a la cassure, l'éclat et la transparence du grenat de Langbanshytta; mais il est moins dur. Couleur gris sombre, tendant au vert. Donne une poussière vert cendré; se trouve à Hesselkulla, avec un feldspath couleur de chair, en morceaux de diverses grosseurs. De petits cristaux ayant la forme de grenat dodécaèdre se voient dans le calcaire engagé dans la masse compacte du grenat.

Au chalumeau, il se comporte comme celui de Langbanshytta; mais il se fond plus facilement, et l'essai ne devient pas attirable à l'aimant. Il se dissout dans l'acide muriatique avec une légère effervescence.

Le résultat de l'analyse est :

Silice..................	38,125	cont. d'oxig.	19,17 ;
Peroxide de fer.........	19,420		5,94 ;
Alumine.................	7,325		3,42 ;
Chaux...................	31,647		8,88 ;
Protoxide de manganèse..	3,300		0,72 ;
Perte en acide carbonique.	0,183.		
	100,000.		

Sa formule est :

$$\left.\begin{matrix} c \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

N° 9. *Grenat brun de Hesselkulla.*

Cassure ordinairement unie : cependant, dans deux directions qui se coupent obliquement, elle passe à la cassure lamelleuse sans clivage déterminé ; dans une troisième direction, la cassure se montre plus ou moins inégale; mais elle ne présente aucune tendance à la cassure rayonnée ou esquilleuse. Couleur bleu sombre foncé, passant au brun et au bleu cuivré. Raie le verre, est rayé par le quarz ; opaque, il a un éclat plus fort que le précédent. On voit, au milieu du grenat compacte et du calcaire dont il est mélangé, des petits cristaux foncés qui, lorsqu'on les expose à la lumière, paraissent rougeâtres et transparens. Il donne une poussière gris-brun, qui par calcination prend une couleur plus foncée. Il se dissout comme l'espèce précédente dans l'acide muriatique avec une effervescence à peine sensible, sans perdre de son poids ; se fond au chalumeau en un bouton faiblement magnétique, ayant une sur-

face un peu inégale, sans éclat métallique; se comporte, du reste, comme les précédens.

Le résultat de l'analyse est :

Silice	37,993	cont. oxig.	19,11 ;
Peroxide de fer	28,525		0,74 ;
Alumine	2,712		1,26 ;
Chaux	30,740		8,63 ;
Protoxide de manganèse	1,615		0,13.
	100,585.		

Sa formule est donc :

$$\left.\begin{matrix} c \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S.$$

N° 10. *Grenat noir d'Arendal.*

Forme cristalline dodécaèdre allongé, ayant les arêtes latérales émarginées; cassure presque unie, avec trace de cassure en feuillets minces; les cristaux ne sont pas rayés par le quarz; mais la surface des échantillons compactes est attaquée par ce minéral et par le couteau; couleur noir de charbon, encore plus foncée que celle qu'on voit dans d'autres mélanites; opaque; les cristaux sont tous très-éclatans : en masse, il est mat, ou tout au plus il a l'éclat gras. Il donne une poussière couleur de plomb foncée, presque noire, qui par une calcination à la lampe devient vert jaunâtre; mais au rouge blanc intense, elle prend une couleur d'ocre claire. Après une calcination d'un quart d'heure, un morceau de grenat devient gris sans perdre de son poids. Les acides

ne le dissolvent pas ; mais par une longue digestion ils extraient du minéral pulvérisé la chaux qui appartenait vraisemblablement à un mélange invisible de spath calcaire. C'est pourquoi on mit digérer avec de l'acide acétique étendu la partie de l'échantillon destinée à l'analyse. Il y eut une portion notable de chaux enlevée. La densité d'un échantillon qui ne contenait pas de spath calcaire a été trouvée de 3,157. On trouve ce grenat près d'Arendal en Norwège, en morceaux compactes, mêlés avec du spath calcaire : sur les morceaux compactes on voit des cristaux, la plupart groupés ensemble l'un sur l'autre, sous forme de druse. Au chalumeau, il fond facilement avec une forte lumière et une ébullition longtemps soutenue en un bouton non magnétique, gris-verdâtre foncé, ayant une surface brillante. Avec le borax, il fond facilement et en grande quantité en un verre peu coloré par l'oxide de fer. Avec le sel du phosphore il est facilement décomposé et laisse de la silice : avec la soude, sur la plaque de platine il manifeste le manganèse.

L'analyse donne :

Silice................	42,450	cont. oxig.	21,35 ;
Alumine............	22,475		10,49 ;
Protoxide de fer.......	9,292		2,85 ;
Magnésie............	13,430		5,20 ;
Chaux...............	6,525		1,87 ;
Protoxide de manganèse.	6,273		1,37.
	100,445.		

Ce grenat est remarquable par la grande quantité de magnésie qu'il contient et par sa faible pesanteur spé-

cifique. Le rapport entre l'oxigène de la silice et des bases prouve que le fer est dans un degré inférieur d'oxidation : cela ne peut être révoqué en doute, quoique la réaction ordinaire de l'oxidule ne se manifeste pas dans ce grenat au chalumeau, soit que l'enduit métallique de la boule fondue soit empêché par l'excès de base forte, ou que le grenat ne contienne pas une quantité assez grande de protoxide pour que la réaction du métal devienne visible.

Une partie de la chaux trouvée par l'analyse appartient assurément au mélange de carbonate de chaux qu'il n'est pas possible d'enlever complètement. Outre le spath calcaire, il se pourrait qu'il y eût un mélange de silicate de chaux. Par là, on peut se rendre compte de l'excès qui existe dans le premier terme de la formule quand on fait entrer dans le calcul tout l'oxigène de la chaux.

En ayant égard à cette observation, la composition paraît sans difficulté pouvoir être exprimée par :

$$\left.\begin{matrix} M \\ c \\ f \\ mn \end{matrix}\right\} S + A\,S.$$

N° 11. *Grenat noir-brun d'Arendal.*

La forme du cristal est un trapézoèdre. Les cristaux sont imparfaits et groupés en druse à la surface du grenat compacte. La cassure est grenue dans la masse compacte, passant çà et là à la cassure lamelleuse. Dans les cristaux, au contraire, la cassure est en feuillets minces indistincts. Couleur noire, tirant vers le brun ; opaque ; la surface des cristaux est faiblement brillante, presque

matte ; la masse compacte est tout-à-fait sans éclat. Les cristaux raient le quarz, mais difficilement. Ce grenat donne une poussière gris-brun, qui par une forte calcination prend une très-légère nuance brune. Densité de la masse compacte, 3,665. Au chalumeau, il fond facilement en un bouton brillant, non magnétique. Au moyen d'un flux, il se fond en un verre fortement coloré par le fer ; avec la soude, il fond sur le charbon en un bouton ayant une surface un peu inégale ; il manifeste le manganèse sur une plaque de platine.

Résultat de l'analyse :

Silice..................	40,20	cont. oxig.	20,22 ;
Alumine.............	6,95		3,24 ;
Peroxide de fer........	20,50		6,28 ;
Chaux...............	29,48		8,28 ;
Protoxide de manganèse.	4,00		0,88.
	101,13.		

En omettant l'excès ordinaire de silice, dont j'ai déjà fait connaître la cause, on a pour la composition de ce grenat la formule

$$\left.\begin{matrix} c \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

N° 12. *Grenat vert clair transparent de Vilnifluss, au Kamtschatka.*

Forme du cristal ; trapézoèdre un peu allongé, ayant 12 angles alternatifs tronqués. Sur la surface on remarque des stries indistinctes qui tendent à produire une forme rhomboédrique. Cassure unie, se rapprochant presque d'être testacée ; dur, raie le quarz ;

couleur vert-gris clair ou vert-pomme, mais si faible qu'elle disparaît dans les esquilles. Poids spécifique = 3,64.

Au chalumeau, ne donne pas d'eau ; fond facilement et tranquillement en une boule brun-jaune, ayant une surface brillante. Avec le borax et le sel de phosphore il fond facilement en une boule faiblement colorée par le fer. Au contraire, avec la soude sur le charbon, il fond difficilement en une scorie jaune-blanche. Sur la lame de platine il manifeste faiblement la réaction du manganèse. Sa poussière semble être presque incolore ; mais en plaçant à côté un corps d'un blanc pur, par exemple, de la magnésie blanche, on remarque des points distinctement colorés en ocre ou en jaune rougeâtre pâle. Ces nuances disparaissent par une forte calcination, et se changent en gris. On va voir plus bas pourquoi j'ai insisté sur ces phénomènes de coloration.

Ce grenat est en partie dissous par digestion dans l'acide muriatique.

M. Berzelius a eu la bonté de sacrifier un cristal de ce beau grenat de la grosseur d'une noisette, et par là je me suis trouvé à même d'en faire une analyse dont voici le résultat :

Silice................	40,55	cont. d'oxig. 20,39 ;
Alumine.............	20,10	9,38 ;
Chaux................	34,86	9,79 ;
Peroxide de fer......	5,00	1,53 ;
Protoxide de manganèse.	0,48	0,12.
	100,99.	

Malgré la couleur verte de ce minéral, je ne doute pas qu'on ne doive considérer la plus grande partie du fer qu'il contient comme étant à l'état de peroxide; car une si grande quantité de fer à l'état d'oxidule aurait certainement produit une couleur vert sombre. Déjà, dans l'émeraude, nous voyons quelle forte couleur est produite par 1 p. $\frac{o}{o}$ de protoxide de fer. La manière de se comporter de la poussière semble aussi indiquer un état d'oxidation plus avancé avec un petit mélange de protoxide. En outre, l'oxigène contenu dans l'alumine, comparé avec l'oxigène de la chaux et du protoxide de manganèse, indique que le fer forme un oxide à 3 atomes d'oxigène, et qu'une petite partie seulement se trouve à l'état de protoxide et donne au minéral une teinte verte.

Ce grenat est très-intéressant, non-seulement à cause de sa transparence, mais aussi parce que l'on y remarque en réalité ce que la théorie regardait déjà comme possible, savoir, l'absence du fer comme principe essentiel dans la composition du grenat.

La formule de ce grenat est, en négligeant le petit mélange de fer et de manganèse, $CS + AS$, ou si on en tient compte,

$$\left.\begin{matrix} c \\ f \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

M. Libaschitz a, dans les Annales *Gilb.*, tom. LXXII, livrais. 429, décrit ce grenat sous le nom de *granulard*, et a représenté sa forme dans la planc. 4, fig. 3. Mais le granulard auquel Haufman rapporte la des-

cription d'un minéral ayant la forme du grenat, et qui, d'après Klaproth, est composé de :

Silice............	44,00 ;
Alumine.........	8,50 ;
Chaux	35,50 ;
Peroxide de fer...	12,00 ;
	98,00,

ne peut pas se rapporter à celui-ci.

L'aplome de Haüy paraît être, d'après sa couleur brun foncé sombre, une autre variété de ce grenat. Son analyse par Laugier, rapportée dans le tableau comparatif, ne donne aucune explication satisfaisante de la grande perte qu'il a éprouvée, quoique sa composition en silice et en alumine s'accorde parfaitement avec celle trouvée ici.

N° 13. *Grenat de Klamet-Sanné en Norwège.*

Cristallisé en dodécaèdre rhomboïdal parfaitement régulier. Les cristaux isolés que j'ai vus ont la grosseur d'un petit pois ; ils sont recouverts d'un minéral blanc qui s'y trouve aussi en veinules. Ce minéral, pour l'aspect et pour la manière de se comporter au chalumeau, ressemble à l'albite : cependant il paraît être un peu plus fusible. Couleur du grenat, rouge-brun sale, presque sans éclat. Les esquilles minces sont faiblement transparentes ; la poussière est rose pâle, et devient plus sombre par la calcination, presque couleur de tuile. Ce grenat est dissous en grande partie dans

l'acide muriatique, mais pas complètement. Densité $= 3,851$.

Au chalumeau, il prend dans le feu le plus fort une couleur plus sombre, se fond et conserve cette couleur après s'être refroidi. Il fond tranquillement et facilement en une boule noire, qui présente une tache de rouille métallique sur une surface brillante. Dans le borax, il se dissout difficilement. Dans le sel de phosphore, il est décomposé en petite quantité; le flux est faiblement coloré par le fer : avec la soude sur la plaque de platine, il manifeste la réaction du manganèse.

L'analyse donne :

Silice.	52,107	cont. oxig.	26,20 ;
Alumine.	18,035		8,42 ;
Protoxide de fer.	23,540		5,36 ;
Chaux.	5,775		1,62 ;
Protoxide de manganèse.	1,745		0,39.
	101,202.		

La grande quantité de silice rend impossible de calculer les résultats de l'analyse de ce minéral de manière à les rendre d'accord avec l'opinion théorique que j'ai adoptée sur la composition des grenats; opinion à laquelle j'ai été conduit par les analyses précédentes. Présumant que je m'étais trompé dans quelques opérations, je répétai cette analyse trois fois, ainsi que la plupart des autres; et j'en fis une quatrième uniquement pour déterminer la proportion de silice. Mais les résultats ne différèrent les uns des autres que par des quantités très-peu notables, comme cela arrive souvent dans les analyses les plus exactes. Ce qui appelle encore plus l'attention que le simple excès de

l'un des élémens, c'est la circonstance que l'oxigène des bases, comparé avec celui de la silice, conduit très-facilement à un bi-silicate, de sorte que la formule qui exprime sa composition est :

$$\left.\begin{matrix} f \\ C \\ m \end{matrix}\right\} S + A S^2,$$

ou plus rigoureusement :

$$A S + \left.\begin{matrix} f \\ C \\ m n \end{matrix}\right\} S^2,$$

parce qu'il faut partir du principe que les bases les plus fortes prennent la plus grande quantité de silice.

Une telle divergence avec ce que l'expérience donne sur la composition d'un grand nombre de grenats, ne peut guère être regardée comme établie par l'analyse d'un minéral qui comme celui-ci est souillé d'un mélange étranger. Je pense donc qu'à l'égard de sa composition, le grenat de Klamet-Sanné doit être, pour le moment, mis de côté.

L'ensemble des analyses précédentes, d'après la découverte de M. Mitscherlich sur la propriété des bases isomorphes de cristalliser ensemble, paraît donner une connaissance satisfaisante de la constitution chimique des grenats. Tout, à ce qu'il me semble, prouve l'existence d'un principe général pour la composition de ces minéraux, si la quantité que j'en ai examiné n'est pas trop bornée en comparaison des nombreuses variétés que renferme cette famille, et peut autoriser à tirer une conclusion générale.

Pour voir jusqu'à quel point les anciennes analyses des grenats conduiraient à une plus grande certitude, je les ai examinés; mais les conclusions que l'on peut en tirer sont très-peu sûres, parce qu'elles ont été faites dans un temps où l'on n'avait aucune vue théorique, et où l'on ne mettait, à cause de cela, aucun intérêt à doser avec une complète exactitude, surtout parce que les méthodes d'analyse, aujourd'hui presque parfaites, étaient alors très-défectueuses. Cependant il y en a plusieurs qui se soumettent au principe de la théorie des proportions définies et des propriétés des bases isomorphes, que j'ai adopté dans le calcul de la composition des grenats dont j'ai fait l'analyse.

Je vais présenter ici le résultat de quelques-unes de ces analyses, et placer à côté les quantités d'oxigène contenues dans les élémens.

Almandin de Karsten (Haüy, *Tab. comp.*).

Silice..................	37,75	cont. d'oxig.	18,94;
Alumine...............	27,25		12,72;
Protoxide de fer........	32,32		7,35;
Manganèse.............	0,25.		

J'ai considéré, dans le calcul, le fer comme étant à l'état de protoxide, parce que, vraisemblablement, ce métal est toujours dans l'almandin à cet état inférieur d'oxidation. Dans le cas présent, on peut admettre avec certitude que le fer et l'alumine ont été complètement séparés. D'après cela, on ne peut appliquer à ce grenat aucune considération théorique.

Mélanite de Klaproth.

Silice.................	35,50	oxigène.	17,85 ;
Alumine...............	6,00		2,80 ;
Peroxide de fer........	25,23		7,66 ;
Chaux.................	32,50		9,12.
Manganèse.............	0,40.		

En supposant que l'analyse ait besoin d'une petite correction, elle fournit évidemment la formule :

$$CS + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

Pyrope (Klaproth, *Tab. comp.*)

Silice.................	40,0	oxigène.	20,12 ;
Alumine...............	28,5		13,31 ;
Magnésie..............	10,0		3,87 ;
Protoxide de fer........	14,8		3,37 ;
Chaux.................	3,5		0,97.
Manganèse.............	1,2.		

La réduction du fer en oxidule est justifiée par l'analogie avec les grenats précédens, dans lesquels on trouve ensemble cet oxide et l'alumine en plus grande quantité. La composition de ce pyrope paraît, d'après cette analyse, pouvoir être bien exprimée par la formule

$$\left.\begin{matrix} M \\ C \\ f \end{matrix}\right\} S + 2\,A\,S.$$

Mais il faudrait beaucoup d'exemples pour être auto-

risé à adopter une telle composition du grenat. On doit considérer la perte qui a eu lieu dans cette analyse, et en même temps la difficulté de séparer l'une de l'autre la magnésie et l'alumine avec exactitude; ce qui, par l'ancienne méthode, était encore plus difficile que maintenant. Ainsi on doit suspendre tout jugement sur la composition de ce pyrope jusqu'à plus ample examen.

Vauquelin. *Grenat de Bohême.* (Tab. comp.)

Silice.................	36,0	cont. oxig.	18,10 ;
Alumine..............	22,0		10,27 ;
Protoxide de fer........	36,8		8,37 ;
Chaux................	3,0.		0,84.

La supposition que le fer est à l'état de protoxide dans le grenat de Bohême, peut être justifiée, tant par la remarque déjà faite plus haut que par la manière dont il se comporte au chalumeau. De cette analyse on peut tirer avec vraisemblance la formule $fS+AS$, ou si l'on veut,

$$\left.\begin{matrix} f \\ C \end{matrix}\right\} S+AS.$$

Klaproth. *Grenat de Sibérie* (Tab. comp.)

Silice.................	44,0	cont. oxig.	22,13 ;
Alumine..............	8,5		3,90 ;
Chaux................	35,5		9,97 ;
Peroxide de fer.........	12,0		3,64.
Manganèse et perte......	2,0.		

Il est impossible de présenter le résultat de cette ana-

lyse par une formule composée de deux termes dans lesquels les bases soient également saturées de silice. Cette remarque s'applique au grenat du pic d'Eredlidz de M. Vauquelin.

Mélanite analysée par Hisinger.

Silice................	34,53	cont. oxig.	17,36 ;
Chaux...............	24,36		6,84 ;
Protoxide de fer.......	36,01		8,20 ;
Alumine..............	1,00		0,46 ;
Partie volatile.........	0,50.		
Perte................	3,60.		

La grande perte rend difficile le calcul de cette analyse, qui néanmoins paraît pouvoir être représentée par la formule

$$\left.\begin{matrix} C \\ f \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S.$$

Mélanite Vauquelin.

Silice................	34,0	cont. oxig.	17,10 ;
Chaux...............	33,0		9,26 ;
Alumine..............	6,4		2,98 ;
Peroxide de fer........	25,5		7,81.
Perte................	1,1.		

Cette analyse donne lieu à établir la formule

$$CS + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S, \text{ ou mieux } \left.\begin{matrix} C \\ f \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S.$$

Mais il serait nécessaire de savoir si, dans l'analyse, toute la silice que l'alumine et le fer entraînent avec eux en a été complètement séparée.

Grenat de Dannemora.

Silice................	34,04	cont. oxig.	17,12 ;
Alumine.............	18,07		8,44 ;
Chaux................	16,56		4,65 ;
Protoxide de fer.......	9,00		2,04 ;
Protoxide de manganèse.	21,90		4,80 ;
Magnésie.............	0,56.		

Cette analyse peut donner une formule qui s'approche de

$$\left.\begin{matrix} C \\ mn \\ f \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S.$$

Grenat Bucholz.

Silice................	34,50	cont. oxig.	17,37 ;
Chaux................	30,75		8,63 ;
Protoxide de manganèse.	3,26		0,71 ;
Peroxide de fer........	25,00		7,66 ;
Alumine..............	2,00		0,93 ;
Acide carb. ou eau.....	4,25.		

De cette analyse on déduit la formule

$$\left.\begin{matrix} C \\ mn \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} F \\ A \end{matrix}\right\} S,$$

en ayant égard au mélange de chaux carbonatée qui

est indiqué par la présence de l'acide carbonique, et qui explique l'excès de chaux.

Rothoffit de Langbanshytta.

Acide carbonique......	2,00		
Silice................	35,00	oxigène.	17,3 ;
Peroxide de fer.......	26,00		8,0 ;
Chaux.................	24,70		6,3 ;
Protoxide de manganèse.	8,01		1,9 ;
Alumine...............	0,20		
Soude.................	1,24		
Perte.................	2,25.		

Il est à remarquer que le minéral s'est dissous dans l'acide muriatique sans dégagement de chlore; ce qui annonce que le manganèse s'y trouve dans un état d'oxidation inférieur. J'ai calculé la formule dans cette supposition; elle est comme il suit :

$$\left.\begin{matrix} C \\ mn \end{matrix}\right\} S + FS.$$

Grenat de Lindbo.

Examiné par Hisinger. Il donne la formule :

$$\left.\begin{matrix} C \\ mn \\ f \end{matrix}\right\} S + FS.$$

Grenat de Sahla.

Deux variétés analysées par M. Bredberg donnent la formule :

$$\left.\begin{matrix} C \\ M \end{matrix}\right\} S + \left.\begin{matrix} A \\ F \end{matrix}\right\} S.$$

Le grenat de Fahlun a été déjà mentionné au commencement de ce Mémoire.

Parmi les analyses faites avec un soin extrême, deux s'écartent beaucoup des proportions qui s'accorderaient avec le principe de composition auquel j'ai été conduit; je veux parler des analyses que MM. Arrhenius et d'Ohsson ont faites des grenats de Brodbo et Finbo; elles donnent, pour le premier, la formule

$$fS^2 + 2mnS + 2AS,$$

et pour l'autre,

$$fS^2 + mnS + 2AS.$$

Ces résultats ne paraissent pas pouvoir se concilier avec ceux que m'ont fourni les grenats que j'ai analysés.

Mais avant de renoncer pour cela à admettre une formule de composition simple qui s'applique à tous les genres de grenat, qu'il me soit permis de faire quelques réflexions.

Les grenats ont en général une tendance marquée à admettre dans leur constitution chimique des principes étrangers. Souvent on peut apercevoir sur la surface des cristaux les plus parfaits, des couleurs mattes qui annoncent un tel mélange. Quelquefois les mélanges deviennent visibles par leur grande quantité, comme dans le grenat de *Klamet-Sanné* et dans beaucoup d'autres que j'ai vus dans les collections. Un pareil mélange mécanique ne nuit pas à la cristallisation; au contraire, on pourrait conclure de plusieurs analogies qu'il la favorise. Il en est autrement lorsque le grenat contient des principes étrangers en combinaison chimique. On n'a pas encore trouvé le grenat de Brodbo cristallisé;

il ne montre pas de clivage ; sa cassure est grenue à grains fins ; mais dans quelques fragmens, les bords paraissent indiquer une tendance à la cristallisation : ne pourrait-on pas supposer que la cristallisation a été empêchée par la présence d'une substance chimiquement combinée ? Un mélange semblable se rencontre dans le kanelstein ou éssonite, qui a tant de rapport avec le grenat, et qui, comme les deux espèces précédentes, a cette cassure grenue, jointe à des stries qui indiquent une tendance prononcée à la cristallisation régulière. Appliquant cette remarque au grenat de Broddbo, dont l'analyse donne la formule

$$fS^2 + 2\,mn\,S + 2\,AS,$$

on trouve que si on admet que la composition chimique du mélange étranger est :

$$mnS + fS,$$

la formule du grenat pur sera :

$$\left.\begin{matrix} mn \\ f \end{matrix}\right\} S + AS.$$

Si on voulait considérer le mélange comme un bisilicate de fer, alors la formule serait simplement :

$$mn\,S + AS,$$

à laquelle on doit cependant préférer la première, parce que nous n'avons trouvé jusqu'à présent aucun grenat sans fer, quoiqu'il puisse fort bien arriver que ces minéraux en soient privés, et que le fer protoxidé y soit remplacé par une autre base isomorphe.

La supposition que j'ai faite relativement au grenat de Brodbo ne s'applique pas au grenat de Finbo. Celui-ci donne :

$$fS^2 + mn\,S + 2\,AS.$$

Ce grenat est néanmoins plus souvent et plus distinctement mêlé de matières étrangères que celui de Brodbo, et montre quelquefois une surface visiblement cristalline sur une masse compacte.

Conclusion.

Les exemples de composition de grenat que j'ai rapportés dans ce travail, paraissent prouver que ces minéraux se composent de silicates doubles, dans lesquels chaque base est au même degré de saturation; que dans l'un des silicates il y a l'alumine ou de l'oxide de fer isomorphe avec elle, tous deux contenant 3 atomes d'oxigène; et que, dans le deuxième silicate, les bases isomorphes, le protoxide de fer, le protoxide de manganèse, la magnésie et la chaux, qui contiennent 2 atomes d'oxigène, se remplacent réciproquement; de sorte que les bases d'un silicate contiennent autant d'oxigène que celles de l'autre, et par conséquent la moitié de ce qu'en renferme l'élément électro-négatif, la silice.

Si l'on cherche à représenter la constitution chimique par une formule, en désignant par *R* le radical combustible de la base, on aura, pour l'expression générale des grenats :

$$\ddot{R}^3 \dddot{S}^2 + \dddot{R}^2 \dddot{S}^2.$$

Mais il n'y a que des recherches ultérieures qui puissent décider jusqu'à quel point cette formule s'applique à toutes les espèces du genre.

Sur *le Tungstène.*

Par F. Wöhler.

Avant de décrire quelques combinaisons du tungstène, qui, à ce que je crois, n'étaient pas encore connues, j'indiquerai une des manières dont je me suis servi pour préparer l'acide tungstique pur. J'avais remarqué que, quand on chauffe un mélange de tungstate de potasse et d'hydrochlorate d'ammoniaque, l'acide tungstique est réduit par l'hydrogène de l'ammoniaque en oxide, qui se sépare quand on dissout la masse dans l'eau. J'ai appliqué cette propriété à la préparation de l'acide tungstique de la manière suivante : on fond ensemble le mélange de wolfram pulvérisé et de carbonate de potasse; on fait dissoudre le tungstate de potasse dans l'eau, on y ajoute une quantité suffisante d'hydrochlorate d'ammoniaque; alors on évapore à siccité et on fait rougir et fondre la masse dans un creuset de Hesse, jusqu'à ce que le sel ammoniac soit entièrement ou décomposé ou évaporé. En dissolvant la masse fondue dans l'eau chaude, il se sépare une poudre noire pesante, qui est l'oxide de tungstène. On le fait bouillir avec une faible solution de potasse pure, pour enlever une petite portion de tungstate de potasse acide et peu soluble; et enfin on lave à l'eau pure. Quand on veut avoir de l'acide tungstique, on n'a qu'à chauffer cet oxide dans un creuset ouvert : il prend feu et brûle vivement en se changeant en une poudre jaune.

Oxide de tungstène.

Cet oxide a été découvert par M. Berzelius. Il l'a obtenu en chauffant l'acique tungstique dans du gaz hydrogène. L'acide devient d'abord parfaitement bleu, et ensuite peu à peu d'un brun foncé. Comme j'employais pour cette expérience l'acide tungstique cristallin, tel qu'on l'obtient par la décomposition du tungstate d'ammoniaque cristallisé, j'ai obtenu un oxide cristallin d'un éclat presque métallique, qui, frotté avec le polissoir, conservait cet éclat et avait une couleur de cuivre foncé. On peut l'obtenir encore sous la même forme, mais d'un éclat métallique parfait, et de la couleur de cuivre la plus belle, quand on met en contact un mélange d'acide tungstique et de limaille de zinc avec de l'acide muriatique étendu. Par l'action de l'hydrogène, l'acide tungstique commence par devenir bleu, et est réduit enfin en feuillets brillans de la couleur du cuivre. L'oxide ainsi obtenu ne se conserve que sous l'eau; car, par le contact avec l'air atmosphérique, il devient à l'instant bleu, et se change bientôt complètement en acide jaune.

En comparant les caractères de cet oxide de tungstène avec ceux de la poudre noire, que l'on obtient par le traitement du tungstate de potasse avec le sel ammoniac, et qui, comme je l'ai avancé, est de l'oxide de tungstène, on présumera plutôt que celui-ci est le tungstène à l'état métallique, surtout quand j'ajouterai que ce corps noir acquiert un éclat métallique blanc, quoique très-foncé, quand il est frotté avec le polissoir. Mais le poids dont ce corps augmente en brûlant prouve

que c'est de l'oxide de tungstène, et non pas du tungstène métallique. Chauffé à l'air, il prend feu beaucoup avant de devenir rouge, et 100 p. se combinent, d'après plusieurs expériences, toujours à-peu-près avec 8 p. d'oxigène, c'est-à-dire, avec la même quantité que l'oxide brun, en passant à l'état d'acide, tandis que pour 100 p. de tungstène métallique il faut près de 25 p. d'oxigène pour le faire passer à l'état d'acide. Il me paraît remarquable que la même combinaison puisse se présenter sous des formes si différentes. Il est probable que l'état différent d'aggrégation des molécules est la cause de ce phénomène, comme on l'observe aussi dans l'oxide de fer natif, dans le cinnabre, etc.

En préparant l'oxide brun de tungstène en chauffant l'acide dans un courant de gaz hydrogène, il se présente un autre phénomène que je ne puis pas bien expliquer. On sait qu'il est difficile de préparer l'acide tungstique pur quand il contient une fois un alcali fixe. Lorsqu'on se sert d'un tel acide renfermant un peu de potasse ou de soude pour préparer l'oxide brun par l'hydrogène, on n'obtient jamais cet oxide, mais toujours du tungstène métallique, et de cette manière on peut se procurer très-facilement ce métal. On le lave avec de la potasse pure pour dissoudre le tungstate peu soluble avec lequel il est mêlé : c'est alors une poudre métallique assez blanche, très-pesante, qui, chauffée à l'air, prend feu, et dont 100 p. augmentent de près de 25 p.

Combinaison de l'oxide de tungstène avec la soude.

Quand on fait fondre et rougir le tungstate de soude neutre dans le gaz hydrogène, on n'observe aucune action de celui-ci sur le premier. Mais quand on fait la même expérience avec le tungstate de soude acide, la surface de la masse commence bientôt à acquérir la couleur et l'éclat métallique du cuivre, qui se propage peu à peu dans la masse entière. Par le refroidissement, la couleur se change en jaune d'or, et si on traite alors la masse avec de l'eau, celle-ci dissout du tungstate de soude neutre, et il reste une poudre cristalline pesante, de la couleur et presque de l'éclat métallique de l'or. La meilleure manière de faire l'expérience est dans un tube de verre, dans le milieu duquel on a soufflé une boule, où on chauffe le sel presque à la chaleur rouge dans un courant de gaz hydrogène sec. On fait bouillir alors la masse avec de l'eau. On fait d'abord digérer la poudre restante dans de l'acide muriatique concentré pour décomposer le tungstate adhérent insoluble; alors on le fait bouillir avec une solution de potasse pure, et enfin on le lave avec de l'eau. Pour obtenir la combinaison pure, il est très-nécessaire d'observer toutes ces précautions.

Le tungstate acide de soude peut se préparer en ajoutant de l'acide tungstique au sel neutre en fusion, jusqu'à ce que les dernières portions ne se dissolvent plus.

La substance jaune métallique, que je montrerai être une combinaison d'oxide de tungstène avec la soude, est cristallisée en cubes réguliers, qui sont d'autant plus grands que l'opération a marché plus lentement. Dans la

masse saline réduite on trouve souvent des cavités dont les parois sont formées par une aggrégation de petits cubes très-brillans. Cette combinaison a, comme je l'ai déjà dit, un éclat métallique parfait, même quand elle est frottée sur du papier; sa couleur est à peine différente de celle de l'or, et quand on regarde une telle poudre cristalline au soleil, elle est d'un brillant et d'une beauté que possèdent peu de préparations chimiques. Suspendue en poudre fine dans de l'eau et regardée vers le soleil, elle est, comme l'or, transparente et d'une couleur verte.

Elle n'est décomposée par aucun acide, pas même par l'eau régale bouillante. Il n'y a que l'acide fluorique concentré qui la décompose et la dissolve. Les solutions des alcalis purs n'ont aucune action sur elle. Chauffée au contact de l'air atmosphérique, elle change de couleur, se ramollit, se fond pareillement, et il se forme autour de la substance soumise à l'expérience une masse fondue transparente, qui après le refroidissement forme un émail blanc qui se dissout dans l'eau. En y ajoutant alors un acide, il se précipite de l'acide tungstique. Mais jamais on ne parvient à convertir la masse entière de la combinaison en cet émail, toujours il reste au milieu une partie non décomposée. Cette décomposition n'est pas plus complète, même dans le gaz oxigène, quoiqu'elle soit accompagnée de combustion. Ici également, la masse fusible qui est produite forme une couche qui empêche l'action du gaz sur les parties intérieures. Dans le vide, la combinaison se laisse échauffer sans décomposition. Il paraît donc très-probable que la substance fusible qui se forme ici n'est pas autre chose que du tungstate de soude, et que ce corps nouveau

contient au moins du tungstène et du sodium ; mais il était difficile de décider si ces corps étaient à l'état d'oxide ou à l'état métallique. La propriété de ne pas être décomposé par l'eau régale s'opposait à ce qu'on pût le regarder comme un alliage de tungstène et de sodium, et ses propriétés métalliques rendaient difficile d'admettre que cette combinaison fût oxidée.

Comme cette combinaison ne se décompose pas par les réactifs les plus énergiques, il m'a fallu chercher d'autres moyens, et j'ai trouvé qu'elle était décomposée par le chlore, mais seulement dans le cas où on la chauffe fortement dans ce gaz : dans le cas contraire, il n'y aurait pas de raison pour qu'elle ne fût pas décomposée par l'eau régale. Chauffée dans le chlore, il y a une faible incandescence ; il se forme du chlorure de tungstène qui se volatilise, et dont je parlerai plus bas. L'autre produit de la combustion est une masse verdâtre qui, traitée par l'eau, donne du chlorure de sodium cristallisé en cubes. La poudre verte insoluble est un mélange d'acide tungstique avec un peu d'oxide ; mais la quantité de l'acide est beaucoup plus grande que celle du chlorure et de l'oxide de tungstène ensemble. Il paraît donc en résulter que la combinaison contient de l'oxigène, dont la quantité entière avant l'action du chlore était distribuée de manière à former de la soude et de l'oxide de tungstène, et qui, par la combinaison du chlore avec le sodium, s'est unie entièrement avec le tungstène pour former de l'acide tungstique. J'obtins exactement le même résultat en employant le chlore parfaitement sec, et en évitant le moindre mélange d'air atmosphérique avec le chlore, de sorte que la formation

de l'acide tungstique ne pouvait provenir ni de l'oxigène de l'eau ni de celui de l'air atmosphérique. 0,873 gr. de la combinaison, décomposés par le chlore, donnèrent 0,157 gr. chlorure de sodium = 0,089 gr. de soude, par conséquent 10,6 p. de soude sur 100 p. de la combinaison. Mais comme j'ai cru remarquer que l'état demi-fondu du chlorure de sodium empêchait l'action complète du chlore sur la combinaison, j'essayai une autre manière d'analyser ce corps, c'est-à-dire, par le soufre, qui le décompose parfaitement. 0,487 gr. de la combinaison furent fondus avec du soufre pur dans un petit creuset de porcelaine couvert. La masse qui en résulta avait l'aspect du sulfure de tungstène et pesait 0,55 gr. On ne pouvait découvrir du sulfure de sodium ni par l'eau ni par l'acide muriatique. Elle fut donc traitée par l'eau régale, qui la changea en acide tungstique pur. Le liquide fut évaporé sur l'acide, et alors la masse entière fut chauffée jusqu'au rouge. L'acide tungstique, mis sur un filtre, fut lavé jusqu'à ce que tout le sulfate de soude qui s'était formé fût dissous. L'acide pur, séché et chauffé, pesait 0,45 gr. Cette quantité correspond à 86,2 p. d'oxide de tungstène sur 100 p. de la combinaison; le reste est par conséquent la quantité de soude = 13,8 p. Il paraît donc que cette combinaison est composée de :

	Atomes.	Calcul.	Expérience.
Oxide de tungstène...	4	87,81	86,2;
Soude.............	1	12,19	13,8.
		100	100.

On voit que l'oxigène de la soude n'est pas la moitié de ce qu'il faudrait pour convertir l'oxide de tungstène

en acide ; c'est pourquoi il faut qu'une partie de l'oxigène de l'oxide de tungstène soit employée pour cela, et par conséquent qu'une partie correspondante de tungstène soit mise en liberté, et se combine, comme je l'ai déjà indiqué, avec du chlore. Par cette raison, il est évident que cette nouvelle combinaison ne peut contenir le tungstène qu'à l'état d'oxide.

J'ai essayé sans succès de produire ce corps par la combinaison directe de l'oxide de tungstène avec la soude. En chauffant ensemble ces deux corps, j'ai obtenu du tungstène métallique et du tungstate de soude.

Enfin, j'ai aussi essayé de produire une combinaison analogue avec la potasse, et j'ai traité le tungstate acide de potasse de la même manière que le sel de soude : j'ai obtenu une masse métallique d'une couleur blanche, qui était du tungstène métallique pur.

Chlorure de tungstène.

Sir H. Davy a trouvé le premier que le tungstène chauffé dans le chlore y brûle et produit une substance blanche qui se décompose, par l'action de l'eau, en acide tungstique et en acide hydrochlorique ; mais on ne paraît rien savoir de plus sur cette matière. J'ai trouvé qu'il existe trois combinaisons différentes entre le tungstène et le chlore.

Chlorure de tungstène au maximum *de chlore.* Il est toujours produit et presque seul quand on chauffe l'oxide de tungstène noir dans du chlore; avec l'oxide brun, il se forme en même temps de l'acide tungstique. La combinaison se fait avec dégagement de lumière ; la

boule de verre où on fait l'opération se remplit d'une fumée épaisse jaune, qui se condense en écailles d'un blanc jaunâtre, et qui forme enfin un sublimé épais qui, pour l'extérieur et la consistance, a la plus grande ressemblance avec l'acide borique natif. Au contact de l'air atmosphérique, ce chlorure se change, suivant l'état hygroscopique de l'air, en quelques heures ou en quelques jours, en acide tungstique, et il se dégage en même temps de l'acide hydrochlorique. Avec de l'eau, cette décomposition est plus rapide, quoiqu'elle ne soit pas instantanée; il se dépose de l'acide tungstique très-pur, et il se forme de l'acide muriatique faible. Dans l'ammoniaque, il se dissout avec un bruit léger et avec développement de chaleur. Il se volatilise à une basse température sans se fondre auparavant, et sa vapeur a une couleur jaune foncée. Chauffé sur une plaque de platine à la flamme de l'esprit-de-vin, il se décompose au moment où il se volatilise par l'action de la vapeur d'eau de la flamme; il se forme une vapeur d'acide muriatique, et l'acide tungstique qui est produit forme au-dessus de la flamme une fumée lumineuse, et vole alors en grands flocons très-légers dans toute la chambre.

Le chlorure de tungstène se décomposant avec l'eau exactement en acide tungstique et en acide muriatique, il doit correspondre, quant à sa composition, à l'acide tungstique, c'est-à-dire, qu'il doit être composé de 3 atomes de chlore et de 1 de tungstène :

	Atom.	
Chlore........	3	35,9;
Tungstène.....	1	64,1.
		100.

D'après une expérience approximative, 0,166 gr. de ce chlorure, dissous dans de l'ammoniaque, évaporés et chauffés, donnèrent 0,13 gr. d'acide tungstique = 62,65 p. de tungstène pour 100 p. de chlorure.

Chlorure de tungstène au minimum *de chlore.* Il se forme toujours et presque sans les autres, lorsqu'on chauffe le tungstène métallique dans le chlore. Le métal prend feu et se change entièrement en chlorure. Celui-ci se présente quelquefois sous forme d'une agrégation d'aiguilles fines, tendres, d'un rouge foncé, ressemblant à de la laine, mais plus souvent comme une masse compacte fondue, d'un rouge foncé, ayant la cassure brillante à-peu-près comme le cinnabre. Il se fond facilement et vient en ébullition avant de se volatiliser. Sa vapeur a une couleur rouge, encore plus foncée que celle de l'acide nitreux. Mis dans l'eau, ce chlorure devient bientôt violet en se décomposant peu à peu complètement en oxide d'une couleur violette, et en acide hydrochlorique. Ce chlorure se dissout avec développement de gaz hydrogène dans une solution de potasse pure; il se forme du tungstate de potasse et du chlorure de potassium. Avec l'ammoniaque caustique il se développe de même du gaz hydrogène; mais ici il se forme une solution jaunâtre qui se décolore : quand elle est chauffée très-doucement, elle dépose de l'oxide de tungstène brun.

Ce chlorure paraît être analogue à l'oxide, et doit être composé de :

	Atom.	
Chlore........	2	26,79;
Tungstène......	1	73,21.
		100,00.

La troisième combinaison du chlore avec le tungstène, sur la composition de laquelle je n'ai fait aucune expérience et sur laquelle je ne conjecturerai rien, se forme ordinairement avec le chlorure au *maximum*, quoique en quantité très-petite. Je l'obtins une fois en plus grande quantité en chauffant du sulfure de tungstène dans du chlore. Ce chlorure est le plus beau de tous; il se présente en aiguilles transparentes d'un beau rouge et souvent d'une grande longueur; il se fond très-facilement à une douce chaleur, et cristallise en refroidissant en longs rayons transparens qui se répandent sur le verre. Il est plus volatil que les deux autres chlorures. Sa vapeur a la couleur de l'acide nitreux. Au contact de l'air atmosphérique, il se change instantanément en acide tungstique. Jeté dans l'eau, il se boursouffle comme la chaux caustique et dégage de la chaleur; on entend, comme avec la chaux, un bruit particulier, et en un moment il est entièrement changé en acide tungstique.

Essai *chimique sur les Réactions foudroyantes.*

Par M. Brianchon, Capitaine d'Artillerie.

M. Brianchon, ne trouvant pas satisfaisante l'explication qu'on a donnée de la détonation des composés fulminans, en a proposé une nouvelle dans un Opuscule qu'il vient de publier. Nous allons la faire connaître, tout en regrettant de ne pouvoir partager l'opinion du savant professeur de l'Ecole de Vincennes. Voici les bases sur lesquelles elle est fondée :

1°. Dans leur effet sur une surface plane, les mixtes fulminans développent une force principale qui agit dans le sens de la gravité ;

2°. Lorsqu'une petite quantité de mixtes fulminans est renfermée dans un grand vase de verre clos, celui-ci supporte sans se rompre une chaleur capable d'opérer la réaction du mixte, tandis qu'il se brise toutes les fois qu'il peut donner entrée à l'air extérieur ;

3°. Tout mixte fulminant contient de l'oxigène ;

4°. Les produits stables qui tendent à se former par l'action de la chaleur sur le mixte fulminant exigent plus d'oxigène que n'en contient celui-ci.

De ces faits qu'il avance, M. Brianchon tire cette conséquence générale :

La fulmination ne procède pas d'une simple expansion de gaz ou de vapeurs ; il se produit en outre, dans les réactions foudroyantes, *une vive succion d'oxigène*, exercée par le mixte sur l'atmosphère ambiante.

On voit ainsi, poursuit M. Brianchon, d'où naît l'effort descendant que manifestent les mixtions fulminantes lorsqu'elles sont chauffées à l'air libre : au moment où la chaleur appliquée rompt l'association actuelle des principes du mixte, pour en établir une autre éminemment stable, il arrive que, pour se constituer, cet ordre final de combinaisons éprouve un défaut partiel d'oxigène : alors, par l'énergie même avec laquelle les produits tendent à se former, et par le mouvement déjà imprimé vers cette formation, le mixte enlève brusquement à l'atmosphère tout l'oxigène dont il a besoin ; les colonnes d'air se précipitent donc sur le support et le choquent violemment.

La quantité d'oxigène déjà existante dans le mixte joue un rôle essentiel dans la fulmination ; *elle sert d'amorce ;* elle commence le mouvement et détermine l'appel des colonnes d'air. L'expérience bien connue du *casse-vessie,* laquelle se fait avec la machine pneumatique, offre une image sensible de la force écrasante qui se développe dans les fulminations.

Telle est la théorie de M. Brianchon : il suffira, pour en apprécier la solidité, d'examiner si les propositions qu'il avance sont admissibles, et nous le ferons très-brièvement.

Il n'est pas exact de dire que, « dans leur effet sur » une surface plane, les mixtes fulminans développent » une force principale qui agit dans le sens de la gra- » vité; » car si on applique un mixte fulminant sur une surface, dans une position quelconque, cette surface éprouvera constamment les mêmes effets de la part de l'explosion, et la direction de la force développée pourra faire un angle quelconque avec celle de la gravité.

Nous rappelons à un nouvel examen la seconde proposition de M. Brianchon; car nous n'avons pas obtenu les mêmes résultats que lui.

La troisième proposition, que tout mixte fulminant contient de l'oxigène, ne peut être soutenue. M. Brianchon convient bien qu'on n'en admet pas dans le chlorure et dans l'iodure d'azote; mais il pense qu'il doit y en avoir. C'est l'expérience qu'il faut consulter. Au reste, il n'est pas indispensable, dans la théorie de M. Brianchon, que les mixtes fulminans contiennent de l'oxigène; il suffirait que quelques-uns de leurs élémens

pussent se combiner avec l'oxigène et l'absorber par succion, de la manière dont il l'entend.

La troisième proposition de M. Brianchon n'étant point vraie, la quatrième n'est point nécessaire : il y a fulmination avec des mixtes contenant moins d'oxigène que n'en exigeraient leurs élémens pour former des produits stables, sans *succion* d'oxigène.

La cinquième proposition, que M. Brianchon présente comme une conséquence des précédentes, et qui consiste dans une *vive succion d'oxigène* exercée par le mixte sur l'atmosphère ambiante, est contraire aux notions les mieux établies en chimie. En effet, dans le cas de l'affinité la plus énergique entre l'oxigène et le corps qui l'absorbe, la combinaison n'est jamais instantanée; elle exige un temps appréciable, incomparablement plus grand que celui employé pendant la fulmination. En supposant la circonstance la plus favorable, celle de la succion de l'oxigène pur et d'un vide parfait autour du mixte fulminant, il est clair que la vitesse de l'oxigène vers ce vide ne peut être plus grande que celle qu'il prendrait en se précipitant dans un vide ordinaire, c'est-à-dire qu'elle ne peut dépasser environ 400 mètres par seconde, et M. Brianchon peut s'assurer facilement qu'avec une pareille vitesse de l'oxigène il parviendra bien rarement à briser une lame légère de verre, et qu'il ne produira jamais rien qui ressemble aux fulminations. Mais que deviendra maintenant le résultat si, au lieu d'oxigène pur, on prend l'air atmosphérique ? Le vide autour du mixte sera très-imparfait en raison de l'azote mêlé avec l'oxigène dans la proportion de quatre cinquièmes, et toute succion suffisante pour produire la

moindre apparence de fulmination devient tout-à-fait inadmissible.

D'ailleurs, comment M. Brianchon conçoit-il que les colonnes d'air se précipitent verticalement sur le mixte sans transmettre leur action dans tous les sens? Pourquoi n'a-t-il pas cherché à faire détoner les mixtes fulminans dans du gaz azote ou dans du gaz carbonique? Cette dernière expérience eût suffi pour mettre sa théorie à l'épreuve. Nous l'avons faite autrefois cette expérience; mais craignant de nous être trompés, nous prions M. Brianchon de vouloir la répéter.

(G.-L.)

NOTE *sur la Répulsion que des corps échauffés exercent les uns sur les autres à des distances sensibles.*

(Lue à l'Institut le 13 juin 1825.)

PAR Mr A. FRESNEL.

M. LIBRI a publié, l'année dernière, dans un journal italien, des expériences curieuses sur le mouvement de transport qu'éprouve une goutte liquide suspendue à un fil métallique dont on chauffe une des extrémités : il a observé que la goutte s'éloignait toujours de la source de chaleur, même lorsqu'il donnait au fil métallique une inclinaison très-sensible. Ce phénomène peut se concevoir par les changemens que l'élévation de température apporterait dans l'action capillaire de la surface

solide sur la goutte liquide, et qui seraient différens aux deux extrémités de la goutte inégalement échauffées. On peut admettre aussi (ce qui revient au même) que des molécules voisines se repoussent d'autant plus que leur température est plus élevée : d'après cette hypothèse, chaque molécule liquide en contact avec le fil métallique se trouverait plus repoussée par la petite portion de sa surface située du côté de la source de chaleur que par la portion contiguë; d'où résulterait une somme de petites actions qui tendraient toutes à éloigner la goutte de l'extrémité échauffée.

Dans ces deux manières d'envisager le phénomène, il n'est pas nécessaire de supposer que l'action réciproque des molécules s'étend à des distances sensibles. Mais quelques autres expériences de M. Libri sur le même sujet paraissent indiquer des répulsions à distance, ainsi qu'il l'a observé. Néanmoins je n'oserais affirmer qu'elles établissent ce mode d'action, quoique j'aie reconnu son existence d'une autre manière; parce que les répulsions calorifiques pour des intervalles de quelques millimètres sont déjà si faibles que j'ai peine à les croire capables de surmonter le frottement de la goutte de liquide contre la surface du fil.

Pour vérifier certaines hypothèses, j'avais essayé depuis long-temps et inutilement de déplacer dans le vide, par l'action des rayons solaires réunis au foyer d'une loupe, un petit disque de clinquant attaché à l'extrémité d'une tige horizontale très-légère suspendue à un fil de soie. Je m'étais proposé depuis d'essayer si ce disque mobile ne serait pas repoussé par un corps échauffé placé près de lui; mais j'aurais sans doute encore tardé beaucoup

à exécuter ce projet, si M. Libri ne m'avait communiqué ses intéressantes observations. Ce sont elles qui, en me faisant considérer le succès comme probable, m'ont engagé à tenter plus tôt cette expérience.

Pour la faire commodément, j'ai attaché aux deux extrémités d'un fil d'acier très-fin aimanté et suspendu par un fil de cocon, un disque de clinquant et un autre disque découpé dans une feuille de mica, afin de pouvoir essayer dans le même appareil un corps opaque et un corps transparent : le corps fixe qui devait repousser la balance de torsion était un disque de clinquant. J'ai fait le vide avec soin sous la cloche de verre qui couvrait l'appareil ; l'élasticité du gaz restant indiquée par le mercure de l'éprouvette n'était guère que d'un ou deux millimètres. Ensuite j'ai porté la cloche au soleil, et je l'ai tournée de manière que le fil d'acier aimanté fût peu écarté de la direction du méridien magnétique, et assez cependant pour que l'un des disques mobiles attachés à ses extrémités exerçât une très-légère pression sur le disque fixe, afin qu'il restât en contact avec lui. L'appareil étant ainsi disposé, j'ai fait tomber les rayons solaires réunis par une loupe, tantôt sur le disque fixe, tantôt sur le disque mobile, et aussitôt celui-ci s'écartait brusquement du premier : je le maintenais éloigné, et quelquefois même à un centimètre de distance, en continuant d'échauffer un des disques. Quand je retirais la loupe, la balance de torsion ne revenait pas sur-le-champ toucher le corps fixe ; mais s'en rapprochait graduellement en exécutant de petites oscillations. Il est très-probable que si j'avais employé des corps plus épais et partant plus difficiles

à refroidir, ce retour à la position primitive aurait été encore plus lent.

Il m'a semblé que le disque transparent était un peu moins repoussé que le disque de clinquant. J'ai remarqué aussi que la manière la plus avantageuse d'échauffer les corps pour les maintenir au *maximum* de distance était de porter le foyer de la loupe sur une des surfaces en regard. Je ne suppose pas que cet effet soit dû à la réflexion, mais seulement à ce qu'on échauffe un peu plus fortement ainsi la surface qui doit exercer l'action répulsive.

Pour m'assurer que ces phénomènes n'étaient pas occasionés par le peu d'air ou de vapeur restés sous la cloche, j'ai laissé rentrer l'air graduellement; et en répétant l'expérience lorsque l'air intérieur était devenu quinze à vingt fois plus dense qu'au commencement, j'ai reconnu que la répulsion n'avait pas augmenté d'énergie d'une manière sensible, comme cela aurait eu lieu si elle avait été occasionée par le mouvement de l'air échauffé. Il y avait même certaines positions du disque mobile relativement au disque fixe dans lesquelles on ne pouvait pas produire des écarts aussi grands que dans le vide.

J'ai essayé si l'interposition d'un écran opaque composé de deux feuilles de clinquant, séparées par un mince intervalle, intercepterait l'action répulsive du disque fixe sur le disque mobile quand on échaufferait l'un des deux : il m'a paru que l'écran empêchait la répulsion. Mais interceptait-il entièrement cette action? c'est ce qu'il était difficile de décider par ce moyen, parce que l'interposition de l'écran obligeait

de laisser un intervalle assez considérable entre le disque fixe et le disque mobile, pour que la chaleur de l'un ou de l'autre ne se communiquât pas trop vite à l'écran.

En raison de la force directrice qui tend à ramener le fil d'acier dans le méridien magnétique, l'appareil que je viens de décrire peut servir à mesurer la répulsion calorifique de deux corps à des distances différentes. On pourrait faire encore avec le même appareil plusieurs autres expériences assez intéressantes. J'aurais desiré que cette Note en présentât les résultats, afin qu'elle fût plus digne d'être communiquée à l'Académie; mais ces expériences exigent du temps et sont pénibles, parce qu'il faut refaire le vide chaque fois qu'on a changé d'appareil. J'espère que des physiciens plus habiles ou qui auront plus de loisir ne dédaigneront pas de concourir à ces recherches, qui promettent des résultats neufs et curieux, et jetteront peut-être quelque jour sur la théorie de la dilatation des corps par la chaleur.

P. S. Pour compléter cette Note, je dois y ajouter ma réponse à l'objection d'un illustre géomètre qui m'a demandé si j'étais certain que les phénomènes de répulsion dont je venais d'entretenir l'Académie n'étaient pas dûs à quelque électricité développée par la chaleur.

Dans mon appareil, la tige métallique qui porte le disque fixe communique avec le sol par le tuyau de cuivre qui traverse le plateau de verre sur lequel repose la cloche; en sorte que si l'on électrisait le disque mobile en faisant tomber dessus le foyer des rayons solaires, il serait toujours attiré par le disque fixe, au lieu d'en être repoussé.

On ne pourrait pas supposer avec plus de vraisemblance que ces phénomènes proviennent d'une action magnétique;

car, si en portant le foyer sur le disque fixe on l'aimantait, il repousserait, à la vérité, une des extrémités du fil d'acier, mais il attirerait l'autre; tandis qu'il les repousse toutes les deux également. En général, une répulsion *constante,* dans des circonstances variées et même opposées, exclut la supposition d'une action électrique ou magnétique.

En répétant avec des disques plus épais l'expérience ci-dessus, il m'a paru que la force répulsive n'était pas sensiblement augmentée : si l'on suppose cette observation exacte et les températures égales dans les deux cas, on pourrait en conclure que la force qui dévie l'aiguille aimantée dépend seulement de l'étendue de ces surfaces, et n'émane pas de toutes les molécules comprises dans l'épaisseur du disque échauffé. En essayant des corps de diverses natures et notamment des corps transparens, dont on ferait varier l'épaisseur, il serait peut-être possible de déterminer ainsi jusqu'à quel degré ils interceptent les actions répulsives provenant de l'élévation de température.

Quand le disque mobile est un peu épais et qu'on échauffe sa surface extérieure, il arrive souvent qu'il reste longtemps en contact avec le disque fixe, et s'en éloigne au contraire dès qu'on retire la loupe. Cela tient probablement à une grande différence de température entre les deux surfaces du disque mobile, d'où il pourrait résulter que celle qui reçoit les rayons solaires serait autant repoussée par la paroi de la cloche, que l'autre surface le serait par le disque fixe. Au reste, je ne présente cette explication qu'avec méfiance, n'ayant pas eu le temps de la vérifier par de nouvelles expériences.

NOUVELLES REMARQUES *sur le Rayonnement de la chaleur dans l'atmosphère, en réponse à un article publié, par M.* J.-F. DANIELL, *dans le N° 36 du* Journal de l'Institution royale de Londres.

J'AI inséré, dans le tome XXVI des *Annales* (août 1824), un article destiné à prouver que les observations sur lesquelles s'appuie l'auteur des nouveaux ESSAIS DE MÉTÉOROLOGIE, quand il annonce qu'à l'équateur les rayons solaires ont une force calorifique *moins* grande qu'en tout autre lieu de la terre, *ne sont pas démonstratives.* Cet article, comme de raison, n'a point obtenu l'assentiment de M. Daniell, qui y a répondu dans le *Journal de l'Institution royale de Londres*, mais de manière à laisser voir avec trop d'évidence, je crois, que mes objections l'avaient profondément blessé. Les efforts qu'il a faits pour paraître plaisant ne lui ont pas réussi et montrent seulemeut à découvert les traces d'un amour-propre irrité. Les accens de la louange sont si doux! Les journalistes anglais avaient si unanimement applaudi aux élucubrations de M. Daniell! Pourquoi me suis-je avisé de mêler une voix importune à celles qui proclamaient son livre « le plus important ouvrage sur la science pratique qu'on ait publié dans les temps modernes. » (*The most important work upon practical science, wich has appeared in modern times*)? Je reconnais, mais trop tard, que l'amour de la vérité m'a jeté dans une démarche inconsidérée. Au lieu d'une simple dis-

cussion scientifique, dont je m'étais résigné à courir les chances, je vais avoir à me débattre contre des accusations de plus d'un genre, et au nombre desquelles je n'ai pas vu figurer sans quelque étonnement, je l'avoue, celle de partialité nationale. Mon adversaire, heureusement, par une *condescendance* dont je lui sais un gré infini, m'a laissé cette fois la possibilité de lui répondre, et je m'empresse d'en profiter.

Il y a dans le Mémoire de M. Daniell deux choses distinctes : les observations et les conséquences qu'il en a déduites. Les observations, pour la plupart, sont dues à un physicien (le capitaine Sabine) dont personne plus que moi n'est disposé à proclamer le rare mérite. J'adopte ces observations sans réserve, comme donnant la valeur de la force calorifique des rayons solaires entre les tropiques, *pour les positions particulières* dans lesquelles les thermomètres étaient placés. Les conséquences appartiennent exclusivement à l'auteur des *Essais de Météorologie. J'ignore si elles sont vraies ou fausses.* Je me borne à dire qu'elles ne découlent aucunement des observations qu'il discute.

Dans la réponse qu'il a bien voulu faire à mon article, ce physicien avoue que les instrumens dont on s'est servi dans les différens lieux « n'étaient pas » suffisans pour décider la question (celle de l'iné- » galité d'effet calorifique) avec précision (*nicety*); » mais il pense que les irrégularités devaient être » en grande partie compensées par la multiplicité des » observations. C'est, ajoute-t-il, du nombre *total* d'ob- » servations recueillies dans cette contrée, comparé

» au nombre *total* d'observations faites entre les tro-
» piques, que j'ai pensé pouvoir tirer ma con-
» clusion. »

Si M. Daniell avait lu avec plus d'attention l'analyse que j'ai donnée de son Mémoire, il aurait vu, je crois, que la multiplicité des observations, fût-il parvenu à en recueillir des milliers, n'affaiblirait aucunement mes objections. Du reste, puisque je n'ai pas eu le bonheur de me faire comprendre, je vais essayer de m'expliquer plus clairement. J'ai dit que les observations de Londres, obtenues à l'aide d'un thermomètre *qui touchait presque* une plate-bande de *terre noire*, n'étaient pas comparables à des observations dans lesquelles l'instrument reposait sur de l'herbe ou était suspendu à une assez grande hauteur au-dessus du sol. Il me paraît encore évident aujourd'hui que cette dissemblance d'exposition a dû influer notablement sur les résultats. M. Daniell, comme on peut le conclure du passage de son Mémoire qui précède, ne serait pas éloigné d'en convenir lui-même si les observations étaient peu nombreuses. Les conséquences auxquelles il est arrivé ne lui semblent incontestables, que par la seule raison qu'il les déduit de la *totalité* des observations équinoxiales, comparées à la *totalité* de ses observations de Londres : j'aurais donc eu raison, suivant lui, de desirer qu'une couche de terreau, à Sierra-Leone, à Bahia et à la Jamaïque, eût, comme en Angleterre, touché la boule du thermomètre exposé au soleil, si l'on n'y avait fait, par exemple, que dix observations; mais dès qu'on en a réuni vingt, cette circonstance devient indifférente, l'erreur constante disparaît, l'objection n'a plus de poids.

M. Daniell, je lui demande bien pardon d'être obligé de le faire remarquer, raisonne ici comme ce marchand qui perdait sur chaque objet de sa vente en détail et se rattrapait sur la quantité.

Je trouve, à la page 307 de la réponse de M. Daniell, cette phrase : « On a objecté que tous les thermomètres » (ceux qui étaient destinés à donner la mesure du rayon- » nement solaire) ne furent pas placés partout à la même » distance du sol et de la végétation ; qu'ils ne furent » pas également garantis des courans d'air, etc., etc. » L'objection tirée des courans d'air est fort bonne, mais elle ne m'appartient pas, comme on pourra s'en assurer en relisant le N° des *Annales* du mois d'août 1824. Ce passage, échappé sans doute par inadvertance à la plume de M. Daniell; les etc., etc., qui sont aussi de son invention, montrent que depuis la publication de mon analyse, il a soumis à un examen approfondi les erreurs diverses dont ses observations thermométriques peuvent être affectées, et auxquelles d'abord il n'avait pas songé. M. Daniell en ferait aujourd'hui franchement l'aveu, j'en ai la conviction, s'il ne voyait que, par cela même, il livrerait à la risée du public les maladroits apologistes qui ont rendu compte de son ouvrage, et parmi lesquels figurent, *peut-être, ses amis les plus intimes.* J'apprécie ainsi que je le dois toutes les difficultés d'une semblable position : aussi je me hâte de passer à un autre article.

Suivant M. Daniell, ses résultats ont été *confirmés* par des observations faites avec des instrumens d'une construction très-délicate, dont, à dessein, j'ai négligé de parler. Voici la vérité : M. Sabine, pendant son sé-

jour à Sierra-Leone et à la Jamaïque, exposa à la lumière solaire un récipient vide d'air qui contenait deux thermomètres, l'un à boule noircie, l'autre à boule renfermée dans une double enveloppe métallique destinée à rejeter les rayons solaires; les indications de ces deux instrumens ne différèrent jamais de plus de 6° centigrades. Cette quantité est certainement très-petite; mais qui peut affirmer que le même appareil, *s'il avait été essayé à Londres*, aurait donné un nombre plus fort? Quel terme de comparaison peut-il exister entre un instrument de cette nature et le thermomètre de M. Daniell, *à boule noircie, recouvert de laine noire et placé sur du terreau noir à l'air libre?* Les mêmes remarques s'appliquent aux observations de M. de Humboldt : elles ont été faites avec un thermomètre *à boule nue*, et dès-lors les résultats qu'elles fournissent ne sauraient être comparés à ceux de MM. Sabine et Daniell. On cite, il est vrai, des observations de la Société météorologique palatine, qui ont donné jusqu'à 8°,7 centigrades pour l'effet *maximum* produit par les rayons solaires tombant sur la boule nue d'un thermomètre, tandis qu'entre les tropiques M. de Humboldt n'a jamais trouvé plus de + 3°,7; mais la manière dont l'instrument est monté; l'isolement plus ou moins complet de la boule; sa plus ou moins grande épaisseur; la diaphanéité plus ou moins parfaite du verre dont elle est formée; les propriétés plus ou moins absorbantes des échelles, peuvent exercer une si grande influence que ce rapprochement lui-même est bien loin de me paraître démonstratif. Je trouve, par exemple, dans les excellens tableaux météorologiques de *Rio-Janeiro*, de M. Bento Sanches Dorta

(*Mémoires de Lisbonne*, t. III, p. 74 et 106) qu'un thermomètre *ordinaire* de Naire et Blunt, qui, à l'ombre, le 16 décembre 1786, marquait + 28°,9 centigrades, s'éleva, quand on l'exposa au soleil, jusqu'à +50°,5 centig. Si M. Daniell persiste à comparer, sans jamais étudier les circonstances qui les ont accompagnées, des observations qui n'ont peut-être rien de commun, les 21°,6 de différence entre l'ombre et le soleil observés à Rio-Janeiro avec un thermomètre à boule non noircie, placés en regard des 3°,1 centigrades seulement, que M. Sabine a trouvés à la Jamaïque avec un thermomètre semblable, l'amèneront, pour peu qu'il le desire, à cette conséquence que le soleil dans l'hémisphère austral, a une force calorifique six ou sept fois plus considérable qu'au nord de l'équateur.

J'avais présenté les résultats *numériques* du long travail entrepris par M. Flaugergues pour déterminer l'effet calorifique des rayons solaires, comme dignes de toute confiance. M. Daniell soupçonne que je les juge trop favorablement, et me reproche avec amertume de n'avoir pas fait connaître « les précautions spéciales adoptées » par l'astronome français. » Mais vous ignorez donc, M. Daniell, que le Mémoire de M. Flaugergues a été inséré, en 1818, dans le *Journ. de Phys.*, t. LXXXVII, p. 256, et que les détails minutieux de toutes les expériences s'y trouvent consignés ? Ou bien, si le Mémoire vous est connu, vous avez oublié qu'on n'attaque pas un travail public par des soupçons, mais bien par des argumens, et que tout écrivain qui vise à des succès durables doit faire avec candeur la part de ses devanciers !

M. Daniell assure que « je n'ai pas seulement tra-

» vaillé à détruire son hypothèse, mais encore que j'en
» ai soutenu et recommandé une autre (*brings forward*
» *and supports another*) qui a certainement trop peu
» de consistance pour qu'on puisse l'admettre. »

L'hypothèse ou plutôt le résultat en question, appartient à M. Flaugergues; en voici l'énoncé : « les rayons
» solaires ont la même force calorifique en hiver et en
» été. » Dans mon article, cette phrase était accompagnée de la remarque suivante : « Ne faudrait-il pas,
» surtout à raison des changemens continuels des circon-
» stances atmosphériques, quelques centaines d'observa-
» tions, au moins, pour établir l'égalité de force calo-
» rifique qu'admet M. Flaugergues ? et cependant, c'est
» de deux groupes seulement de six observations chacun
» que le résultat est déduit. » Puisque M. Daniell trouve que c'est ainsi qu'on recommande une hypothèse, il ne tenait vraiment qu'à lui de me placer au nombre des apologistes de son ouvrage.

Tout en rendant justice aux résulats numériques des expériences de M. Flaugergues, j'avais cru devoir signaler, page 383, une opinion de ce physicien, à mon avis entièrement erronée; j'ajoutais « *qu'il était inutile*
» *de la discuter,* puisque personne ne l'avait admise. »
« Voyez, s'écrie à cette occasion M. Daniell, comme
» pour montrer que nous avons deux poids et deux
» mesures; voyez si c'est une excellente chose d'être
» né sur la rive droite du Pas-de-Calais. » Il ne faut pas, dit-on, disputer des goûts; aussi je prends acte de la déclaration de M. Daniell, et si jamais, descendant des hautes spéculations dans lesquelles il est maintenant engagé pour traiter quelque sujet scientifique, il

lui arrive, ce qu'à Dieu ne plaise, de rien produire d'aussi médiocre que l'*essai* sur le rayonnement de la chaleur, je n'oublierai pas la phrase qui paraît avoir si fortement excité son envie, et quoiqu'il soit né sur la rive gauche du détroit, M. Daniell aura cette fois, du moins, le plaisir de lire dans les *Annales* « que ses » résultats n'ayant été adoptés par personne, il serait » inutile de les discuter. »

Parmi les observations du rayonnement nocturne faites en Angleterre *durant trois années*, on trouve quelques résultats supérieurs à l'ensemble de ceux qu'a obtenus le capitaine Sabine à Bahia et à la Jamaïque, dans deux périodes de *sept* et de *six* jours consécutifs des mois de juillet et d'octobre 1822. M. Daniell en conclut « que la radiation des corps terrestres est moindre » entre les tropiques qu'à Londres. » Comme l'intensité de ce rayonnement dépend de la pureté de l'atmosphère, j'avais cru, sauf plus ample vérification, que la différence de 2°,5 qui existe entre le *maximum* de rayonnement observé à Londres dans un espace de temps si long (*trois ans*), et le *maximum* de rayonnement observé à la Jamaïque dans une période si courte (*six jours*), pouvait tenir seulement à ce que, dans cette île, les circonstances atmosphériques avaient été moins favorables. J'avoue qu'en voyant avec quel dédain M. Daniell rejetait mes doutes, j'ai craint un moment de n'avoir ici que des excuses à lui présenter. « Ceux, » dit-il, qui connaissent par expérience la pureté habi» tuelle et la beauté du ciel équinoxial; ceux, plus » spécialement, qui ont décrit la splendeur des étoiles » et l'éclat des constellations qu'on aperçoit dans la

» zone torride, comme différant si complètement de
» tout ce que nous sommes accoutumés à voir dans notre
» atmosphère brumeuse, complimenteront certaine-
» ment le capitaine Sabine, sur la patience et la per-
» sévérance avec lesquelles il a attendu des occasions peu
» favorables, il est vrai, à l'objet qu'il se proposait,
» mais qui sont *rares* et *remarquables.* »

M. Sabine, que d'autres travaux appelaient à Bahia, a certainement choisi, dans le court intervalle de son séjour, les circonstances les plus favorables à chacune des expériences météorologiques qu'il a tentées. Personne moins que moi n'élèvera de soupçons à cet égard; et M. Daniell prend un soin fort inutile quand il a l'air de s'instituer le défenseur d'un savant que je n'ai point critiqué. Pour ce qui le concerne personnellement, ma confiance n'est pas tout-à-fait la même : aussi, avant de m'incliner respectueusement devant sa dernière assertion, moi, qui n'ai point l'avantage de connaître par expérience le ciel de la zone torride, j'ai cherché, dans les recueils météorologiques si les brumes y sont aussi rares qu'il l'assure; les passages suivans, extraits des intéressans Mémoires de M. Dorta, éclairciront, je pense, suffisamment la question : « cette année (1785) a été remarquable
» par des brouillards qui se sont maintenus permanens
» de jour et de nuit. Il y a eu des mois entiers du-
» rant lesquels on n'a découvert ni les étoiles ni les
» planètes. Dans les quatre derniers mois, sur 53 éclipses
» des satellites de Jupiter qui devaient être visibles à
» Rio-Janeiro, je n'ai pu en observer que 12. » (*Mémoires de Lisbonne*, tom. II, p. 369.)

« Le brouillard commença, en 1786, à Rio-Janeiro,

» avec le mois d'avril, et alla ensuite en augmentant
» durant le reste de l'année, ce qui mit obstacle à toutes
» les observations astronomiques que j'avais projeté de
» faire, en sorte que sur 83 éclipses visibles des satel-
» lites de Jupiter, 11 seulement furent observées. » (*Mémoires de Lisbonne*, tom. III, p. 70.)

Si M. Daniell prétendait que les brumes ne se montrent ainsi qu'à Rio-Janeiro; que c'est là un phénomène local, pour le détromper, j'emprunterais la phrase suivante à une personne *qui connaît aussi par expérience* le ciel des tropiques.

« Quoiqu'à Lima, on soit plongé dans les brouillards
» pendant plus de la moitié de l'année, etc., etc. »
(HUMBOLDT, *Astron.*, t. II, p. 422.)

S'il y a souvent sous l'équateur des brouillards qui cachent totalement les étoiles, on accordera, je pense, qu'il doit, *à fortiori*, en exister quelquefois qui les affaiblissent, et qu'une nuit étoilée des tropiques n'est pas *nécessairement* plus pure ou plus propre au rayonnement de la chaleur qu'une nuit étoilée de nos climats: or, qu'ai-je prétendu autre chose?

Ma tâche serait finie ici si le *Quarterly Journal* s'était contenté de réfuter mes objections; mais je ne puis pas me dispenser de présenter quelques remarques au sujet des sentimens qu'il me prête. Suivant M. Daniell, j'ai voulu, de propos délibéré, produire contre lui dans le public une impression fâcheuse; je n'ai trouvé dans ses Essais qu'un seul chapitre qui pût me conduire à ce but, et je m'en suis aussitôt emparé: ce chapitre, dit-il, en effet, n'est le premier ni par son rang ni par son importance.

Dès qu'on demande une explication, j'avouerai fran-

chement que les chapitres dont je n'ai pas parlé m'avaient paru, pour la plupart, insignifians ou inintelligibles. Du reste, même dans les chapitres appartenant à cette dernière classe, les paragraphes isolés dont j'avais réussi à comprendre le sens, n'autoriseraient pas à beaucoup près l'idée avantageuse dans laquelle M. Daniell se complaît. Pense-t-on, en effet, qu'en 1823 il soit permis à l'auteur du *plus bel ouvrage des temps modernes* d'oublier, en traitant de la période diurne du baromètre, les noms de Godin, de Bouguer, de Lacondamine, etc., etc., et d'attribuer la découverte de ce phénomène à Lamanon, le compagnon de Lapeyrouse? (*Voyez* les Essais, pag. 251.) Sans sortir du même sujet, n'aurais-je pas eu le droit de demander à M. Daniell si la remarque, certainement très-intéressante, que l'étendue de l'oscillation diurne atmosphérique diminue de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne des tropiques, lui appartient réellement, comme il le laisse croire (pages 253 et 254), et par quelle fatalité les feuilles des Mémoires de M. Ramond, où elle se trouve consignée dans les termes les plus précis, ont échappé à ses regards? Eût-il été nécessaire de faire de grands efforts pour frapper de ridicule l'auteur de la petite table intitulée : *Barometrical measurement of Box-hill, with the moon upon the meridian*, et d'où il prétend déduire, par *huit* résultats peu concordans, que la position de la lune a une influence appréciable sur les mesures des hauteurs par le baromètre, etc., etc.? M. Daniell a-t-il trouvé, enfin, dans les anciens volumes des *Annales*, des indices de partialité à son égard, qui puissent aujourd'hui autoriser ses soupçons? J'ose affirmer que non, et j'en fournirai aisément la preuve : des six Mémoires que cet

auteur, à ma connaissance, a publiés, *cinq* ont été insérés dans les *Annales*; nous n'avions jamais parlé du sixième, et c'était, de notre part, je crois, une grande marque de bienveillance : le lecteur, du reste, va en juger. Dans ce fameux Mémoire intitulé : *De la Théorie des atomes sphériques, et de la liaison qu'elle a avec la gravité spécifique de certains minéraux*, M. Daniell trouvait, par un raisonnement à sa manière, que la pesanteur spécifique des cristaux ne doit pas être la même sur les angles et dans le centre; et comme sa confiance dans les spéculations théoriques paraît être sans bornes, l'expérience, sur-le-champ, était venue à son appui. On trouve, en effet, dans ce Mémoire :

Qu'un cube de spath-fluor avait pour pesanteur spécifique 3,180;

Qu'en cassant les quatre angles, cette pesanteur montait à 3,242;

Qu'en continuant les fractures jusqu'à obtenir un octaèdre, on avait 3,261;

Enfin, que les pesanteurs spécifiques de trois des angles enlevés du cube étaient respectivement .... 3,115; 3,111; 3,125.

M. Daniell n'a certainement point oublié l'accueil que ses propres compatriotes firent à ce travail; pourquoi ne s'est-il pas aussi rappelé que les *Annales de Chimie* s'abstinrent de répéter un seul mot des critiques, j'ai presque dit des sarcasmes, dont il fut l'objet?

Si je n'avais trouvé, dans les ouvrages de M. Daniell, que des indices de la rectitude de son jugement, je pourrais tirer grande vanité de la méprise qu'il a

faite en attribuant à M. Gay-Lussac l'article des *Annales* qui a été l'origine de cette discussion ; mais je dois, je le sens trop bien, me contenter d'enregistrer cette erreur, comme faisant nombre, parmi toutes celles que j'ai déjà signalées. (A.)

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 4 avril 1825.

Le Ministre de l'Intérieur adresse une ampliation de l'ordonnance par laquelle Sa Majesté confirme l'élection de M. Boyer.

M. Brisson réclame contre la décision prise dans la dernière séance, au sujet de son Mémoire. Les conclusions du premier rapport n'ayant pas été adoptées, l'Académie décide qu'il sera nommé de nouveaux commissaires.

M. Mathieu de Dombasle écrit pour remercier l'Académie, qui l'a nommé correspondant.

MM. Larrey, Richerand, Roux, Serres et Jules Cloquet, présentés, par la Section de Médecine et de Chirurgie comme candidats à la place que la mort de M. Percy a rendu vacante, annoncent qu'ils pensent ne pas devoir laisser leurs noms sur la liste et qu'ils se retirent du concours.

M. Thenard rend un compte verbal d'un Mémoire de M. Collin *relatif à la fermentation vineuse.*

M. Duméril, au nom d'une Commission, fait un rapport sur une pièce d'anatomie artificielle présentée par M. Auzoux.

M. Auzoux a perfectionné l'exécution des pièces d'anatomie artificielle, en composant des moules creux dans lesquels il fait couler une pâte ductile, colorée, qui s'y imprime, s'y modèle et acquiert une grande solidité. Par là, disparaît la seule difficulté réelle que présentassent les modèles en cire. Les travaux de M. Auzoux paraissent encore susceptibles de quelques perfectionnemens : il est invité à s'en occuper.

L'Académie va au scrutin pour la nomination d'un membre. M. Dupuytren obtient 41 suffrages ; huit billets étaient blancs.

M. Arago communique une lettre que lui a écrite M. le capitaine Duperrey, qui vient d'arriver à Marseille de son grand voyage autour du monde.

M. de La Pilaye continue la lecture qu'il avait commencée dans la précédente séance.

L'Académie nomme une Commission qui sera chargée de lui présenter un rapport sur les moyens de n'admettre à ses séances que les personnes qui les fréquentent par amour pour les sciences.

Séance du lundi 11 *avril.*

MM. Bussy et Lecanu présentent un paquet cacheté qui sera déposé au Secrétariat.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur quelques faits de l'organisation des*

gavials, et sur la nécessité de les distinguer, comme genre à part, des crocodiles.

M. Arago annonce qu'en examinant avec un instrument de son invention, un halo qui entourait le soleil vers les onze heures du matin, il a reconnu, dans la lumière dont ce halo était formé, des traces non équivoques de polarisation par réfraction. Cette expérience exclut toute explication du phénomène qui serait fondée sur l'hypothèse d'une réflexion. M. Arago pense que l'instrument dont il s'est servi dans cette circonstance pourra, plus généralement, lui apprendre quand un nuage sera gelé, et qu'il fournira dès-lors le moyen d'étudier la loi du décroissement de la chaleur dans l'atmosphère.

M. Pastré présente un Mémoire intitulé : *Essai sur le rapport des propriétés médicamenteuses des plantes avec la nature des lieux qu'elles habitent.*

Séance du lundi 18 *avril.*

M. de La Pilaye adresse deux ouvrages manuscrits ; l'un est intitulé : *Essai sur la Flore de l'île de Terre-Neuve*; et l'autre : *Essai sur la Flore de Bretagne et la Flore d'Ouessant.*

Le Ministre de l'Intérieur écrit qu'il prendra 65 exemplaires de la version latine et française d'Appollonius, par M. Peyrard, dès que l'ouvrage sera imprimé.

M. de Humboldt communique des observations faites par M. Gustave Rose de Berlin, sur la composition des aérolithes. (*Voyez* plus bas.)

M. Magendie, au nom d'une Commission, entretient l'Académie des préparations anatomiques en cire de

M. Dupont. Les commissaires pensent qu'elles ont toute la perfection dont ce genre de productions est susceptible; et que, sous quelques rapports, tels que la vérité des couleurs et la transparence des organes, M. Dupont a dépassé les artistes qui l'ont précédé.

M. Jomard lit un Mémoire *sur le Cours du Nil.*

M. Deleau commence la lecture d'un Mémoire contenant les observations qu'il a faites *sur le Développement de l'ouïe et de la parole chez un jeune sourd-muet* qu'il a guéri.

Le projet de réglement relatif à l'admission des étrangers aux séances est lu et discuté en comité secret.

Séance du lundi 25 avril.

M. Arago présente, au nom du capitaine Duperrey, les mauuscrits et les dessins relatifs au voyage autour du Monde que cet officier vient de terminer.

M. Deleau termine la lecture de son Mémoire relatif aux opérations par lesquelles il a rendu la parole et l'ouïe à un sourd-muet de naissance.

MM. Quoy et Gaymard lisent la Description de cinq nouveaux genres de mollusques et de quatre nouveaux genres de zoophytes, découverts pendant le voyage autour du Monde de M. Freycinet.

M. Duveau lit un Mémoire *sur l'Histoire naturelle des Pucerons.*

Séance du lundi 2 mai.

Le Ministre de l'Intérieur adresse l'ordonnance royale qui confirme l'élection de M. Dupuytren.

M. Bogros lit un Mémoire *sur la Structure des nerfs.*

M. de Humboldt fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. de France intitulé : *Tableau des Corps organisés.*

M. Moreau de Jonnès commence la lecture d'un Mémoire intitulé : *Recherches monographiques sur le chien indigène de l'hémisphère américain, ses différentes espèces, leur synonymie, leurs formes, leurs habitudes, leurs usages, etc., etc.*

Les Sections d'Histoire naturelle et de Chimie présentent, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la chaire d'histoire naturelle vacante à l'Ecole de Pharmacie : MM. Virey, Guibourg, Fée et Lemaire-Lisancourt.

L'Académie nomme au scrutin la Commission qui adjugera la médaille fondée par Lalande, et celle qui proposera un sujet de prix de physique pour 1827. La première est composée de MM. Arago, Laplace, Bouvard, Lefrançais-Lalande et Mathieu. Les membres de la seconde sont : MM. Cuvier, Desfontaines, Lacépède, Geoffroy-Saint-Hilaire et Magendie.

Séance du lundi 9 mai.

Le Ministre de l'Intérieur donne des nouvelles de l'arrivée de M. Pacho à Derne.

M. de Humboldt présente des grains de platine et d'autres grains d'osmium et d'iridium trouvés dans les sables aurifères de l'Ural.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait un rapport verbal sur

la partie zoologique du voyage de M. Freycinet, rédigée par MM. Quoy et Gaymard.

L'Académie va au scrutin pour l'élection d'un candidat à la chaire d'histoire naturelle vacante à l'Ecole de Pharmacie. M. Virey obtient la majorité des suffrages.

M. Francœur lit un Mémoire *sur les Opérations exécutées dernièrement en Angleterre pour la fixation d'une unité des poids et mesures.*

M. Gondret lit un Mémoire *sur les Procédés qu'il a employés pour guérir divers individus attaqués de la goutte sereine.*

Prix *décernés par l'Académie royale des Sciences, dans sa séance publique du lundi* 20 *juin* 1825.

L'Académie royale des Sciences avait proposé en 1823, pour sujet du prix qu'elle devait décerner dans cette séance :

De déterminer, par une série d'expériences chimiques et physiologiques, quels sont les phénomènes qui se succèdent dans les organes digestifs durant l'acte de la digestion.

Il résulte de l'examen des pièces du concours, qu'aucune d'elles n'a entièrement satisfait aux vues de l'Académie. Toutefois, deux Mémoires portant les numéros de réception 1 et 2 ont été jugés dignes d'être mentionnés honorablement. Les auteurs ont fait grand nombre d'expériences, et ils ont obtenu des résultats remarquables. D'après ce motif et en considération des recherches dispendieuses auxquelles les auteurs se sont

livrés, l'Académie attribue, à titre d'encouragement, une somme de *quinze cents francs* pour le Mémoire n° 1, et une pareille somme pour le Mémoire qui porte le n° 2. Les auteurs du premier Mémoire sont MM. François Leuret, élève interne de la Maison royale de Charenton, et Louis Lassaigne, préparateur du cours de physique et de chimie à l'Ecole royale d'Alfort. L'auteur du second Mémoire n'a point fait connaître son nom, et il est invité de déclarer son intention au Secrétariat de l'Institut.

Prix de Statistique, fondé par M. le baron de Montyon.

Ce prix, dont la fondation a été autorisée par une ordonnance royale en date du 22 octobre 1817, doit être décerné à l'ouvrage imprimé ou manuscrit publié dans le cours de l'année, qui, ayant pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, contiendra, au jugement de l'Académie, les recherches les plus utiles.

La Commission nommée pour l'examen des Mémoires envoyés au concours a pris connaissance des pièces manuscrites ou imprimées remises au Secrétariat pendant l'année 1823; et sur sa proposition, l'Académie a décerné le prix à l'ouvrage enregistré sous le n° 6, et qui est intitulé : *Statistique du département de l'Hérault*, par M. Hippolyte Creuzé de Lesser.

En couronnant cet ouvrage, il a été jugé convenable de mentionner honorablement une Notice fort étendue sur le règne animal, et divers autres articles insérés dans

cette Statistique du département de l'Hérault, par M. Marcel de Serre.

La Commission désigne dans son rapport plusieurs ouvrages importans, dignes de fixer l'attention publique, et dont quelques-uns ont déjà été cités comme des modèles de ce genre d'étude, mais qui n'ont pas dû être compris dans le concours, soit d'après les intentions mêmes des auteurs, soit parce que leur objet embrasse des questions d'économie civile placées au-delà des limites de la statistique.

Prix de Mécanique, fondé par M. le baron de Montyon.

Ce prix, consistant en une médaille d'or de la valeur de *mille francs*, doit être décerné à celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences.

La Commission nommée pour l'examen des pièces du concours a examiné et comparé tous les Mémoires qui lui ont été transmis, et sur sa proposition, l'Académie décerne le prix au Mémoire de M. Poncelet, capitaine au Corps royal du Génie. Ce Mémoire contient la description d'une nouvelle espèce de roues verticales à aubes courbes, principalement applicable aux petites chutes d'eau. L'auteur a donné la théorie de ces roues et fait des expériences qui ont confirmé le résultat de la théorie, et constaté les avantages que l'on pouvait attendre de cette invention.

Prix de Physiologie expérimentale, fondé par M. le baron de Montyon.

Ce prix, dont le Roi a autorisé la fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818, doit être décerné chaque année à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui, au jugement de l'Académie, aura le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

L'Académie l'a décerné à un Mémoire *sur l'Analyse des fonctions urinaires*. L'auteur, M. Chossat, médecin de Genève, a fait à ce sujet de nombreuses et utiles expériences. Le travail fort recommandable de M. le Dr Flourens a fixé aussi l'attention de l'Académie. Il a pour titre : *Expériences sur l'encéphale des poissons; sur la cicatrisation des plaies du cerveau et la régénération de ses parties tégumentaires; sur les conditions fondamentales de l'audition et sur les diverses causes de la surdité*. Ces recherches auraient partagé le prix avec le Mémoire de M. Chossat si l'on n'eût considéré que les questions traitées par M. Flourens, quoique nouvelles en ce qui concerne les faits particuliers, sont toutefois une continuation d'anciens travaux couronnés dans les derniers concours.

Prix fondés par le testament de M. le baron de Montyon.

L'Académie décerne, pour la première fois, les prix légués par M. de Montyon. Deux ordonnances du Roi ont autorisé cette fondation mémorable, et en ont réglé toutes les conditions. Conformément aux nobles des-

seins du testateur, des récompenses sont offertes à ceux qui auront le plus contribué à la perfection de la médecine et de la chirurgie, ou dont les ouvrages et les découvertes auront fourni de nouveaux moyens de prévenir ou de diminuer l'insalubrité de certaines professions.

L'Académie, après avoir entendu les rapports de ses Commissions, en a réglé, comme il suit, la distribution, par sa délibération du 6 juin dernier.

Elle décerne une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs* à M. le professeur Roux, pour avoir inventé et exécuté un procédé opératoire à l'aide duquel il réunit les parties séparées du voile du palais et de la luette; infirmité grave qui gêne la déglutition des liquides, et qui surtout cause une altération notable de la voix et de la prononciation.

Il est accordé une récompense de *deux mille francs* à M. le Dr Lassis, qui s'est occupé avec un zèle ardent et désintéressé de recherches sur les causes des maladies épidémiques, et qui s'est rendu en Espagne, à ses frais, durant l'épidémie de Barcelone.

Le rapport de la Commission a cité honorablement les noms de MM. Amussat, Leroy d'*Etiolles*, et Civiale, dont les recherches et les travaux ont eu pour objet une opération qui consiste à briser et détruire dans la vessie les calculs qui s'y forment ou s'y développent. Les résultats dus à MM. Civiale, Amussat et Leroy d'*Etiolles*, sont mentionnés dans le rapport. Il n'est rien affirmé sur l'antériorité de l'invention, et ces mêmes travaux, confirmés par une plus longue expérience, pourront

devenir l'objet de prix décernés dans les concours suivans.

Les prix offerts à ceux qui auront contribué à rendre l'exercice d'une profession moins insalubre sont décernés comme il suit :

Il est accordé à M. Labarraque, pharmacien à Paris, un prix de *trois mille francs*, pour avoir démontré, par un grand nombre d'expériences, qu'on peut employer avec succès, économie et facilité, les solutions de chlorures de chaux et de soude, dissous dans l'eau, pour détruire tout-à-coup les odeurs infectes des matières animales qu'emploie l'art du boyaudier, et celles des cadavres en putréfaction, ainsi que pour assainir les lieux où l'air est corrompu.

Une récompense de *deux mille francs* est attribuée à M. Masuyer, de Strasbourg, qui a proposé depuis longtemps de substituer, et a substitué en effet le chlorure de chaux au chlore pour purifier l'air des salles des hôpitaux.

Une récompense d'une pareille somme de *deux mille francs* est attribuée à M. Parent du Châtelet, auteur d'un Mémoire *sur les Cloaques ou égouts de la ville de Paris, considérés sous les rapports de l'hygiène publique et de la topographie médicale.*

Prix fondé par M. Alhumbert.

L'Académie avait proposé en 1824, pour sujet du prix qu'elle devait décerner dans cette séance :

De comparer anatomiquement la structure d'un pois-

son et celle d'un reptile, en tout ou en partie, les deux espèces au choix des concurrens.

La Commission nommée pour l'examen des pièces du concours a reconnu que les intentions de l'Académie n'avaient point été remplies.

Un Mémoire *sur la Myologie des poissons, comparée à celle des reptiles, des oiseaux et des mammifères,* lui a paru remarquable et intéressant; mais il ne satisfait pas entièrement à l'objet indiqué. Conformément à l'avis de la Commission, l'Académie propose le même sujet de prix pour l'année 1826. Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *quatre cent cinquante francs.*

Prix d'Astronomie.

La médaille fondée par feu M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs, les membres de l'Institut exceptés, aura fait l'observation la plus intéressante ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, a été décernée cette année à MM. John Herschel et James South, membres de la Société royale de Londres, pour leurs observations sur les distances apparentes et les positions de trois cent quatre-vingts étoiles doubles ou triples, faites en 1821, 1822 et 1823, et comparées avec les observations des autres astronomes.

PROGRAMMES *des Prix proposés par l'Académie royale des Sciences pour les années* 1826 *et* 1827.

Prix de Physique, pour l'année 1827.

Séance du lundi 20 juin 1825.

L'Académie propose le sujet suivant pour le prix de Physique de l'année 1827 :

Présenter l'*Histoire générale et comparée de la circulation du sang dans les quatre classes d'animaux vertébrés, avant et après la naissance, et à différens âges.*

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs.* Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1827. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1827.

Ce terme est de rigueur.

Prix de Mathématiques, proposé en 1824, *pour l'année* 1826.

L'Académie propose le sujet suivant pour le prix de Mathématiques de l'année 1826 :

Méthode pour le calcul des perturbations du mouvement elliptique des comètes ; appliquée à la détermination du prochain retour de la comète de 1759, *et au mouvement de celle qui a été observée en* 1805, 1819 *et* 1822.

L'Académie a jugé qu'il était important d'appeler l'attention des géomètres et des astronomes sur la théo-

rie des perturbations des comètes, afin de donner lieu à un nouvel examen des méthodes connues, et à deux applications principales dont les élémens sont très-différens, et qui offrent l'une et l'autre beaucoup d'intérêt.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1826. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1826.

Ce terme est de rigueur.

Prix de Mathématiques pour l'année 1824. *Remis au concours pour l'année* 1826.

L'Académie considère la théorie de la chaleur comme une des questions les plus importantes auxquelles on ait appliqué les sciences mathématiques; cette théorie a déjà été l'objet de plusieurs prix décernés, et les pièces que l'Académie a couronnées ont beaucoup contribué à perfectionner cette branche de la physique mathématique. L'Académie avait proposé la question suivante, pour objet du prix de mathématiques qu'elle devait décerner dans la séance de juin 1824:

1°. *Déterminer, par des expériences multipliées, la densité qu'acquièrent les liquides, et spécialement le mercure, l'eau, l'alcool, et l'éther sulfurique, par des compressions équivalentes au poids de plusieurs atmosphères;*

2°. *Mesurer les effets de la chaleur produits par ces compressions.*

Aucune des pièces envoyées au concours n'ayant ob-

tenu le prix, l'Académie propose de nouveau le même sujet pour l'année 1826.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1826. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1826.

Ce terme est de rigueur.

Prix fondé par feu M. Alhumbert, proposé en 1824 pour l'année 1825, et remis au concours pour l'année 1826.

Feu M. Alhumbert ayant légué une rente annuelle de *trois cents francs* pour être employée aux progrès des sciences et des arts, le Roi a autorisé les Académies des Sciences et des Beaux-Arts à décerner alternativement chaque année un prix de cette valeur.

L'Académie avait proposé pour sujet de ce prix :

De comparer anatomiquement la structure d'un poisson et celle d'un reptile ; les deux espèces au choix des concurrens.

Les intentions de l'Académie n'ayant point été remplies, le même sujet a été reproduit pour l'année 1825, avec cette modification, que les concurrens pourraient se borner à comparer un ou plusieurs des divers systèmes d'organes.

La Commission nommée pour l'examen des pièces du concours a reconnu que celle qui a pour titre : *Mémoire sur la Myologie des poissons, comparée à celle des reptiles, des oiseaux et des mammifères*, offre, à la vé-

rité, beaucoup d'intérêt, mais qu'elle ne répond pas entièrement aux vues de l'Académie.

En conséquence, le même sujet sera présenté de nouveau pour l'année 1826. Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *quatre cent cinquante francs*. Il sera adjugé dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Le terme de rigueur, pour l'envoi des Mémoires, est le 1er janvier 1826.

L'Académie a proposé, en 1824, pour le sujet du prix qu'elle décernera en 1826, la question suivante :

Décrire avec précision les changemens qu'éprouve la circulation du sang chez les grenouilles dans leurs différentes métamorphoses.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois cents francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Le terme de rigueur, pour l'envoi des Mémoires, est le 1er janvier 1826.

Prix de Physiologie expérimentale, fondé par M. de Montyon.

Feu M. le baron de Montyon, ayant conçu le noble dessein de contribuer aux progrès des sciences en fondant plusieurs prix dans diverses branches de nos connaissances, a offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu en fût affecté à un prix de Physiologie expérimentale à décerner chaque année; et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818,

L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or de la valeur de *huit cent quatre vingt-quinze francs* à l'ouvrage imprimé, ou manuscrit, qui lui aura été adressé d'ici au 1er janvier 1826, et qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Les auteurs qui désireraient concourir pour ce prix sont invités à adresser leurs ouvrages, francs de port, au secrétariat de l'Académie avant le 1er janvier 1826.

Ce terme est de rigueur.

Le prix sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Prix de Mécanique, fondé par M. de Montyon.

M. de Montyon ayant offert une rente de *cinq cents francs* sur l'Etat pour la fondation d'un prix annuel, autorisée par une ordonnace royale du 29 septembre 1819, en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences;

Ce prix sera une médaille d'or de la valeur de *cinq cents francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Il ne sera donné qu'à des machines dont la description ou les plans ou modèles, suffisamment détaillés, auront été soumis à l'Académie, soit isolément, soit dans quelque ouvrage imprimé, transmis à l'Académie.

L'Académie invite les auteurs qui croiraient avoir des

droits à ce prix, à communiquer les descriptions manuscrites ou imprimées de leurs inventions, avant le 1er janvier 1826.

Ce terme est de rigueur.

Legs Montyon.

Conformément au testament de feu M. le baron Auget de Montyon, et aux ordonnances royales du 29 juillet 1821 et du 2 juin 1824, la somme annuelle résultant du legs dudit sieur baron de Montyon pour récompenser les perfectionnemens de la médecine et de la chirurgie, sera employée, pour moitié, en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie royale des Sciences à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou des découvertes qui, ayant pour objet le traitement d'une maladie interne, seront jugés les plus utiles à l'art de guérir; et l'autre moitié, en un ou plusieurs prix à décerner par la même Académie à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou découvertes qui, ayant eu pour objet le traitement d'une maladie externe, seront également jugés les plus utiles à l'art de guérir.

La somme annuelle provenant du legs fait par le même testateur en faveur de ceux qui auront trouvé les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre, sera également employée en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie aux ouvrages ou découvertes qui auront paru dans l'année sur les objets les plus utiles et les plus propres à concourir au but que s'est proposé le testateur.

Les sommes qui seront mises à la disposition des auteurs des découvertes ou des ouvrages couronnés ne peu-

vent être indiquées d'avance avec précision, parce que le nombre des prix n'est pas déterminé; mais ces sommes pourraient surpasser beaucoup la valeur des plus grands prix décernés jusqu'à ce jour. Les libéralités du fondateur et les ordres du Roi ont donné à l'Académie les moyens d'élever les prix à une valeur considérable; en sorte que les auteurs soient dédommagés des expériences ou recherches dispendieuses qu'ils auraient entreprises, et reçoivent des récompenses proportionnées aux services qu'ils auraient rendus, soit en prévenant ou diminuant beaucoup l'insalubrité de certaines professions, soit en perfectionnant les siences médicales.

Les concurrens pour l'année 1825 sont invités à adresser leurs Ouvrages, leurs Mémoires, et, s'il y a lieu, les Modèles de leurs machines ou de leurs appareils, francs de port, au sécrétariat de l'Institut, avant le 1er février 1826.

Le jugement de l'Académie sera publié à la séance publique du premier lundi de juin de la même année.

Prix d'Astronomie.

La médaille fondée par M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs (les membres de l'Institut exceptés), aura fait l'Observation la plus intéressante, ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, sera décernée dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *six cent trente-cinq francs.*

Prix de Statistique, fondé par M. de Montyon.

Une ordonnance du Roi, rendue le 22 octobre 1817, a autorisé la fondation d'un prix annuel de statistique, qui doit être proposé et décerné par l'Académie royale des Sciences.

Parmi les ouvrages publiés chaque année, et qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, celui qui, au jugement de l'Académie contiendra les recherches les plus utiles, sera couronné dans la première séance de l'année suivante. On considère comme admis à ce concours les Mémoires envoyés en manuscrits, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés dans le cours de l'année, seraient adressés au secrétariat de l'Institut : sont seuls exceptés les ouvrages imprimés ou manuscrits de ses membres résidens.

Afin que les recherches puissent s'étendre à un plus grand nombre d'objets, il paraît d'abord préférable de ne point indiquer une question spéciale, en laissant aux auteurs mêmes le choix du sujet, pourvu que ce sujet appartienne à la statistique proprement dite, c'est-à-dire, qu'il contribue à faire connaître exactement le territoire, ou la population, ou les richesses agricoles et industrielles du royaume et des colonies.

Les Mémoires manuscrits destinés au concours de l'année 1825 doivent être adressés au secrétariat de l'Institut, *francs de port*, et remis avant le 1[er] janvier 1826; ils peuvent porter le nom de l'auteur, ou ce nom peut être écrit dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Quant aux ouvrages imprimés, il suffit qu'ils aient été

publiés dans le courant de l'année 1825, et qu'ils aient été adressés à l'Académie avant l'expiration du délai indiqué. Le prix sera une médaille d'or équivalente à la somme de *cinq cent trente francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Les Mémoires et machines devront être adressés, francs de port, au secrétariat de l'Institut avant le terme prescrit, et porter chacun une épigraphe ou devise, qui sera répétée, avec le nom de l'auteur, dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours ; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies.

Sur *la Consolidation des couches qui forment la surface de la terre.*

Par Sir J. Hall.

Sir J. Hall, dont les expériences sur le basalte et la fusion de la craie ont répandu un si grand jour sur plusieurs phénomènes géologiques, essaie, dans ce Mémoire, d'expliquer la consolidation des grès, et en général des roches agglomérées.

On admet aujourd'hui, dit-il, qu'une grande partie de la masse extérieure de notre globe est stratifiée ; que les couches, ou du moins le plus grand nombre, n'é-

taient qu'un assemblage incohérent de sable et de gravier à la première époque de leur formation ; qu'elles alternent avec d'autres couches de pierre calcaire, formée en grande partie de coquillages marins, et qu'enfin ces couches ont éprouvé des changemens remarquables ; les uns chimiques, qui ont déterminé leur agglomération ; les autres mécaniques, qui les ont contournées et élevées de plusieurs milliers de pieds au-dessus de la surface des mers, quoiqu'il y ait toute raison de croire que c'est à leur fond même qu'elles ont pris naissance. L'autre partie de la croûte du globe se distingue de la première par un défaut de stratification dans la masse générale, par la cristallisation de ses élémens et par l'absence de fragmens. Elle embrasse toutes les substances cristallines, en y comprenant non-seulement la diorite (*whinstone*, tissu intime de feldspath compacte et d'amphibole) et le basalte, mais aussi le porphyre, le granite et la syénite, de quelque espèce que ce soit. C'est en ces deux classes de roches que peut être divisée la masse solide du globe qui nous est connue, à l'exception de quelques courans vitreux sortis du Vésuve, de Lipari et d'autres lieux volcanisés.

Toutes les roches composant ces deux divisions ont éprouvé évidemment de très-grandes révolutions ; et en examinant quels sont les agens auxquels on peut les attribuer, on n'en trouve pas qui explique les phénomènes d'une manière plus satisfaisante que cette chaleur interne de la terre, qui, dans tous les temps et dans diverses contrées, s'est manifestée à sa surface, et même au milieu des flots de l'Océan, et qui encore de nos jours paraît avoir conservé toute son activité.

En admettant cette chaleur interne, sans en chercher l'origine, et en faisant attention que ses effets peuvent être différens selon qu'elle agit à la surface de la terre, en libre communication avec l'air, ou sous les eaux d'une mer profonde, et dans diverses circonstances qui peuvent la modifier, elle fournit une explication satisfaisante de la formation de la croûte de notre globe. C'est en cela que consiste essentiellement la théorie du Dr Hutton, et depuis la mort de cet illustre géologue, sir J. Hall s'est appliqué à la vérifier par l'expérience. Tout le monde connaît les heureux résultats auxquels il est déjà parvenu, et animé d'un zèle infatigable, il en espère de nouveaux dans un sujet aussi épineux et difficile.

On a souvent objecté à la théorie de Hutton qu'aucune chaleur n'était capable de consolider une masse de sable et de gravier, et c'est vers les circonstances propres à favoriser l'action de la chaleur que sir J. Hall a dirigé son attention. Guidé par quelques faits géologiques qu'il a observés lui même, il conçoit que l'agglomération est due à un flux qu'il croit être le sel marin. Il suppose que s'il y avait au fond de la mer un lit de sable et de gravier abreuvé d'eau saturée de sel marin, et qu'il fût chauffé en dessous, ainsi que la théorie de Hutton en démontre la possibilité, le premier effet de la chaleur serait de réduire l'eau en vapeur; le sel se volatiliserait ensuite, et, en se fixant sur les grains de sable, en déterminerait l'agglomération. Diverses expériences, dans lesquelles il a cherché à imiter ce procédé supposé de la nature, lui en démontrent l'efficacité, et il l'étend à la plupart des roches stratifiées, conglomérées.

Telle est l'idée fondamentale de sir J. Hall. Quoiqu'il ait cherché à en reconnaître la solidité par l'expérience, seul moyen de distinguer les vérités des rêves en géologie, nous doutons qu'il fasse partager sa conviction à la plupart des géologues.

Nous remarquerons d'abord, à l'appui de sa théorie, que lorsqu'on fait passer de l'eau en vapeur dans un mélange de sable et de sel marin, à une chaleur rouge, il se produit de l'acide hydrochlorique qui se dégage et de la soude qui se vitrifie avec le sable. C'est un résultat que MM. Thenard et Gay-Lussac ont fait connaître depuis long-temps dans leurs Recherches physico-chimiques. Mais comment concevoir, malgré cette expérience et celles que rapporte sir J. Hall, que des masses aussi considérables que les grès aient dû se former au fond des mers, y être chauffées en place depuis leur base jusqu'à leur sommet, et s'imprégner d'une manière uniforme de soude ou de sel marin? Encore si, pour donner quelque vraisemblance à cette explication, sir J. Hall avait cherché à constater la présence de l'une ou l'autre de ces substances dans les grès; mais il a tout-à-fait négligé ce moyen. Il aurait aussi fallu démontrer que tout les grès et les roches agglomérées ont éprouvé l'action du feu, et qu'il n'existe pas d'autres moyens d'agglomération que le sel marin volatilisé par une chaleur sous-marine. Cependant il eût pu se rappeler que l'on voit en chimie beaucoup de précipités, d'abord pulvérulens, se réunir ensuite en masses cristallines, et qu'il n'est point invraisemblable que ce procédé soit employé par la nature; qu'enfin, bien que beaucoup de substances nous paraissent insolubles dans

l'eau, il peut s'en dissoudre des quantités infiniment petites, qui, déposées dans les interstices des masses pulvérulentes, en déterminent avec le temps la cohérence. Au reste, nous ne voudrions pas avoir ici la prétention de mieux interpréter les procédés de la nature dans la consolidation des roches à grains irréguliers que sir J. Hall; nous nous bornerons à remarquer que ces nouvelles recherches d'un géologue si justement recommandable n'ont point la sévérité de celles qu'il a publiées sur la craie et le basalte; mais qu'elles offrent sans doute plus de difficultés.

Note *sur l'Existence de l'iode dans le règne minéral.*

Par M. Vauquelin.

L'iode ne s'est encore rencontré jusqu'ici que dans quelques végétaux et quelques mollusques marins: cependant M. Cantu, professeur de chimie à Turin, en a découvert dernièrement des traces dans l'eau minérale d'Asti; mais personne que je sache n'avait encore eu l'occasion de le trouver en combinaison dans les minéraux.

M. Joseph Tabary, m'ayant remis, il y a quelques semaines, des minéraux argentifères qu'il avait achetés aux indigènes de l'Amérique méridionale, et qu'il avait en partie ramassés lui-même aux environs de Mexico, dans un rayon de vingt-cinq lieues, pour en faire estimer la quantité d'argent et celle de l'or, si ce dernier s'y trou-

vait, m'a fourni l'heureuse occasion de faire la découverte dont je vais avoir l'honneur d'entretenir l'Académie.

L'un de ces minéraux intitulé : *argent vierge de serpentine*, et dont les propriétés physiques sont : 1°. une couleur blanchâtre à sa surface usée par le frottement, présentant des grains d'argent métalliques ; 2°. une cassure lamelleuse d'un vert jaunâtre, avec quelques parties noires et de l'argent métallique, est celui où j'ai trouvé l'iode.

20 grammes de cette mine, traités par l'acide nitrique, furent attaqués avec effervescence et développement de gaz nitreux sur la fin. Après avoir bouilli assez long-temps, le liquide étendu d'eau présentait deux substances : l'une, très-pesante, se précipitait promptement ; l'autre, légère, restait long-temps en suspension dans le fluide ; elles furent séparées l'une de l'autre par décantation, lavées et séchées.

La première, qui pesait 6 grammes 42 centièmes, se fondait aisément au chalumeau en répandant une flamme purpurine, et, au bout d'un certain temps, un globule d'argent paraissait au milieu d'une matière fondue qui s'étendait sur le charbon à la manière du chlorure de plomb. Les bords du charbon étaient enduits d'une poudre jaune.

L'autre matière, qui était brune, pesait 2 grammes 70 centièmes. Elle s'enflammait par la chaleur, en répandant l'odeur de l'acide sulfureux ; et laissait pour résidu du sulfure de plomb, mêlé d'un peu de fer, qui pesait 1 gramme 58 centièmes.

La première matière, celle qui pesait 6,42 gr., trai-

tée, à l'aide de la chaleur, par l'acide muriatique, a communiqué à ce dernier une couleur rouge-brune, et a produit une légère effervescence avec odeur de chlore. A mesure que la température a augmenté, cette effervescence est devenue plus vive, et bientôt il s'est développé une belle couleur violette : aussitôt on a retiré le vase du feu pour ne pas perdre la matière violette. Il est resté au fond de l'acide une matière jaune contenant des particules grises, qui se sont dissoutes dans l'eau chaude avec laquelle cette matière a été lavée.

Cette eau avait acquis une couleur rouge-brune et la propriété de colorer en beau bleu la dissolution d'amidon. Après avoir passé plusieurs fois de l'eau sur cette matière, nous l'avons fait bouillir avec de l'alcool, qui, à son tour, s'est coloré d'une manière beaucoup plus intense, et qui a également acquis la faculté de former une combinaison bleue avec la solution d'amidon.

Soupçonnant, sans y croire cependant, tant la chose nous paraissait extraordinaire, que cette vapeur violette était produite par l'iode, nous avons soumis la dissolution muriatique ci-dessus à la distillation, après l'avoir étendue d'un peu d'eau. Nous avons vu avec plaisir notre soupçon se réaliser : bientôt, en effet, les vapeurs violettes qui se sont élevées ont cristallisé sur les parois de l'allonge et du ballon adapté à la cornue, en prenant la forme aiguillée et la couleur qui sont propres à l'iode; mais l'acide ne s'est pas entièrement décoloré.

Quoique la matière jaune eût bouilli quelques instans avec l'acide muriatique, elle n'était cependant pas entièrement décomposée; car, en ayant fait fondre 2 gr. 38 cent. avec 2 gr. de potasse, et ayant lavé le résultat

avec de l'eau, nous avons obtenu une lessive alcaline qui, saturée par l'acide sulfurique et mêlée avec une eau d'amidon, a donné un très-beau bleu par l'addition de quelques gouttes de chlore. Ce qui ne s'est pas dissous dans l'eau était une poudre d'argent métallique pesant 1 gr. 63 cent.

Assurés donc, par les expériences précédentes, de la présence de l'iode dans le minéral argentifère, nous cherchâmes à l'obtenir par une voie plus directe qui nous permît d'en déterminer la quantité, et de connaître le mode de combinaison dans lequel cette matière se trouve.

En conséquence, nous en fîmes chauffer 5 grammes en poudre avec 2 grammes de potasse caustique et un peu d'eau pour faciliter le mélange. La matière ayant rougi pendant quelque temps, nous la délayâmes dans l'eau, et après avoir décanté celle-ci, nous lavâmes le résidu jusqu'à ce qu'il ne fût plus alcalin. Ce résidu était d'un jaune sale, et pesait 4 gr. 46 c. Nous y reviendrons dans un moment.

Une portion de la lessive alcaline saturée par l'acide nitrique, prit une teinte jaune, et avait la propriété de bleuir l'amidon en y ajoutant quelques gouttes de chlore; enfin elle précipitait en brun-noirâtre par l'acide nitreux, et en rouge par le nitrate de mercure.

Les 4 grammes 46 centièmes de matière restée après l'action de la potasse, traités ensuite par l'acide nitrique affaibli se sont dissous avec effervescence; mais il est resté une substance jaunâtre qui ressemblait, à la couleur près, au chlorure d'argent. Lavée et séchée, cette matière

pesait 80 centigrammes ; elle devenait jaune-orangée par la chaleur, et repassait au jaune verdâtre par le refroidissement.

Nous nous sommes assurés que cette matière était de l'iodure d'argent ; ce qui prouve que l'alcali n'avait pas opéré la décomposition complète de cette substance, quoiqu'il y en eût un excès. La quantité d'argent dissous par l'acide nitrique était de 41 centigrammes et demi.

Ainsi la potasse ayant enlevé 50 centigrammes aux 5 grammes de mine qui ne peuvent être que de l'iode, et comme nous avons de plus obtenu 80 centigr. d'iodure d'argent, dans lesquels il y a, d'après les chimistes modernes, 42 $\frac{1}{2}$ d'iode, il s'ensuit que ces grammes de mine contiennent 92,50 d'iode qui, divisés par 5, donnent 18,50 pour 100 de mine.

Il ne nous restait donc plus aucun doute sur l'existence de l'iode dans la mine d'argent dont nous parlons ; cependant nous avons voulu savoir si nous pourrions obtenir l'hydriodate de potasse cristallisé. Pour cela, nous avons saturé par l'acide sulfurique l'excès d'alcali contenu dans la lessive dont nous avons parlé plus haut, et après l'avoir évaporé à siccité, nous l'avons traité avec l'alcool à 30° pour isoler le sulfate de potasse. Nous avons ensuite chassé l'alcool, et l'eau-mère, abandonnée à une évaporation spontanée, a fourni des cristaux en prismes carrés qui avaient toutes les propriétés de l'hydriodate de potasse ordinaire.

L'on pourra désormais regarder l'iode comme un des élémens des minéraux, et ce sera un motif pour que les chimistes n'en négligent pas la recherche lorsqu'ils

analyseront les minéraux métallifères, et surtout ceux qui renferment de l'argent ; car, ainsi que le chlore, l'iode exerce une grande action sur ce métal.

Il s'agirait maintenant de savoir à laquelle des substances contenues dans la mine d'argent l'iode est unie. On se rappelle que nous y avons trouvé du soufre, de l'argent, du plomb et du carbonate de chaux, qui lui sert de gangue. D'abord on peut exclure le carbonate de chaux. La difficulté n'existe qu'entre le soufre, le plomb et l'argent. Il n'est guère probable que cette matière soit unie au soufre; ce dernier, ainsi que le plomb, étant mis à nu par l'action de l'acide nitrique, même affaibli, sur la mine d'argent; il y a plus d'apparence que le soufre est uni au plomb et à une partie de l'argent. D'une autre part, si nous considérons qu'à mesure que l'acide nitrique dissout l'argent métallique et décompose une partie du sulfure de plomb, il se dépose de l'iodure d'argent sur lequel l'acide nitrique est sans action, l'on sera disposé à croire que l'iode est combiné à l'argent. D'ailleurs, ce qui paraît confirmer pleinement cette opinion, c'est qu'on peut enlever à la mine d'argent une certaine quantité d'iodure, en la faisant bouillir pendant quelque temps avec de l'ammoniaque; enfin l'on sait que l'iode comme le chlore a une grande affinité pour l'argent.

Je déposerai ce qui me reste de cette mine au cabinet du Jardin du Roi pour servir de point de comparaison, au cas où l'on parviendrait par la suite à en découvrir la localité.

OBSERVATION *relative à la longueur de l'étincelle qui produit l'éclair.*

LA longueur de l'étincelle pendant les orages est toujours très-grande, et on peut s'assurer facilement, dans les pays de montagnes, qu'elle est souvent de plus d'une lieue. Une longueur aussi extraordinaire et le bruit épouvantable causé par l'étincelle portent naturellement à admettre que la quantité d'électricité qui forme l'étincelle est incomparablement plus grande que celle que l'on peut accumuler sur les batteries électriques les plus considérables. On ne peut en effet déterminer l'explosion qu'à la distance de quelques centimètres, et l'intensité qu'il faudrait supposer dans les batteries pour que l'explosion se fît à la distance seulement de quelques mètres serait si grande qu'il serait impossible qu'elle fût retenue sur les surfaces armées par la pression de l'air. D'un autre côté, lorsque la foudre tombe sur un paratonnerre, il arrive fréquemment qu'elle n'en fond la pointe qu'à une petite profondeur, jusqu'à un diamètre de 3 à 4 millimètres, et cet effet n'est pas très-différent de ceux que l'on peut produire avec de grandes batteries électriques.

Mais on ne peut point réellement juger de l'intensité de l'électricité accumulée sur nos conducteurs et sur un nuage orageux par la longueur de l'étincelle. Sur nos conducteurs, l'électricité est retenue par la pression de l'air, et l'étincelle n'a lieu que lorsque cette pression peut être vaincue par l'électricité. Sur un nuage, au contraire, l'électricité n'est retenue que par la résis-

tance que l'air lui oppose comme corps non conducteur; et pressée également par ce fluide qui l'enveloppe de toutes parts, elle doit obéir aux plus légères forces attractives ou répulsives qui la sollicitent. On conçoit, d'après cela, qu'aussitôt que l'électricité formera une couche si mince qu'elle puisse être, pourvu qu'elle soit continue, l'étincelle pourra avoir lieu et se porter à des distances considérables. L'intensité de l'étincelle sera produite par l'écoulement de l'électricité contenue dans la couche immense qui enveloppe le nuage. Si la couche n'est pas continue, ce qui est possible dans un corps aussi mauvais conducteur qu'un nuage, ou bien si toute l'électricité répandue dans l'espace occupé par le nuage orageux n'a pas eu le temps de se dégager pour se porter à la surface du nuage, la décharge de celui-ci ne sera que partielle; et dès-lors l'on concevra facilement les coups redoublés du tonnerre. Il nous paraît impossible, d'après ces observations, que l'épaisseur de la couche électrique puisse être jamais à beaucoup près aussi grande à la surface du nuage orageux que sur celle des conducteurs solides; car la répulsion de ses molécules la ferait se disperser dans l'air : nous ne voyons, pour la retenir, que la résistance de l'air comme corps non conducteur, et cette résistance doit être fort peu considérable.

L'électricité primitivement répandue dans l'espace occupé par le nuage orageux ne se réunissant en couche mince que peu à peu, il devient difficile, dans la théorie de Volta, de lui attribuer la formation de la grêle en grêlons aussi considérables que ceux que l'on observe quelquefois; mais le phénomène est bien certainement lié à l'électricité atmosphérique, et quoique nous igno-

rions encore toutes les circonstances qui nous aideraient à le concevoir, nous ne pouvons repousser une cause parce qu'elle ne nous paraît pas avoir une intensité proportionnelle aux effets que nous voulons expliquer.

(G.-L.)

Observation *à ajouter à la Note sur les Répulsions des corps échauffés.*

Par Mr A. Fresnel.

De nouvelles expériences m'ont fait reconnaître qu'on ne pouvait pas admettre l'explication que j'ai proposée à la fin de cette note, page 62, pour les phénomènes particuliers que présentent les disques épais; car si, comme je le supposais, la face du disque mobile frappée par les rayons solaires éprouvait une répulsion sensible de la paroi voisine de la cloche, on dévierait aussi l'aiguille aimantée en portant le foyer de la loupe sur l'autre disque mobile éloigné du disque fixe : or, c'est ce qui n'a pas lieu.

Avec des pièces de cuivre d'un centime suspendues aux extrémités du fil d'acier aimanté, j'ai obtenu des effets d'attraction très-apparens. Lorsque je portais les rayons solaires sur la face extérieure du disque mobile voisin du disque fixe, il s'en rapprochait et venait s'appliquer contre lui, comme s'il en avait été attiré. Cette attraction n'était pas occasionée sans doute par un développement d'électricité; car les rayons solaires réunis sur l'autre disque mobile ne produisaient pas d'effet sen-

sible, quoique le fil d'acier établît une communication métallique entre les deux disques suspendus.

J'ai observé des actions du même genre dans plusieurs autres circonstances ; mais j'ai encore trop peu étudié ces phénomènes singuliers pour en donner une description exacte et générale. Je puis dire seulement que les expériences que j'ai faites jusqu'à présent me confirment dans l'opinion que les répulsions et même les attractions produites par la chaleur ne proviennent pas d'un développement de *tension électrique* ; et si elles tiennent à un état d'émantation momentanée des disques échauffés, il m'a paru du moins que la distribution du magnétisme suivait ici des lois particulières.

NOTE *sur le Sang du fœtus dans les animaux vertébrés.*

(Extrait d'une lettre de M. PRÉVOST, D. M.)

..... LES communications sanguines de la mère et du fœtus des animaux vivipares ont occupé tous les médecins et un grand nombre d'anatomistes. C'est en effet une des questions piquantes de la physiologie. Les recherches que nous avions faites, M. Dumas et moi, sur la formation du sang dans le poulet, nous avaient appris que pendant les premiers jours de l'incubation, les globules différaient, par la forme et le volume, de ceux de l'animal adulte. S'il en était de même pour les fœtus des animaux vivipares, la question des communications sanguines devenait facile à résoudre. J'ai tenté cette expérience sur des fœtus de chèvre de quatre à cinq pouces, et j'ai pu m'assurer que les globules de leur sang ont un volume double de celui que nous avions observé dans le temps pour les globules du sang de la chèvre adulte. Il y a donc une différence matérielle incontestable entre

le sang du fœtus et celui de la mère; différence qui ne se conçoit bien qu'en supposant que l'embryon opère lui-même, et pour son compte, la sanguification, en employant des matériaux fournis par la mère. Je vous enverrai prochainement tous les détails de cette intéressante observation.

(Extrait des *Ann. des Scienc. nat.*, ann. 1825.)

Sur *la Composition des aérolithes.*

M. Gustave Rose, de Berlin, est parvenu à séparer d'un grand échantillon de l'aérolithe de Juvénas, des cristaux de pyroxène dont il a mesuré les angles avec le goniomètre à réflexion : l'un de ces cristaux est la variété de l'octaèdre représentée dans la figure 109 de la *Minéralogie* d'Haüy. Le même tissu rocheux renferme des cristaux hémitropes microscopiques qui paraissent être du feldspath à base de soude, c'est-à-dire, de l'albite.

M. Rose a également examiné, à la prière de M. de Humboldt, l'aérolithe de Pallas et les trachites recueillis au Chimborazo et sur d'autres volcans des Andes. Il a reconnu que l'olivine de la masse de Pallas est parfaitement cristallisée, et que les trachites des Andes sont en partie des mélanges de pyroxène et d'albite, comme l'aérolithe de Juvénas. Peut-être en est-il de même de ceux de Jonzac et de Stannern, dont les tissus n'ont pas encore été étudiés minéralogiquement à l'aide de la trituration, du microscope et du goniomètre à réflexion.

Sur *le Diabète sucré.*

Plusieurs auteurs ayant annoncé récemment que le sang des diabétiques contient du sucre, MM. Vauquelin et Ségalas ont cherché à vérifier le fait; mais, malgré tous leurs soins, aucun atome de sucre n'a été découvert dans le sang, quoique l'urine de la malade d'où il provenait renfermât un septième de cette substance.

Cette malade était une femme d'une cinquantaine d'années; elle rendait neuf à dix pintes d'urine par jour.

Un médecin de la capitale avait proposé l'urée comme moyen de combattre le diabète. On en donna donc à la malade pendant quelques jours; l'urine excrétée, soumise à l'analyse dans la vue de reconnaître si l'urée s'y montrerait, n'en a jamais offert la moindre trace : ce fluide avait donc conservé sa composition morbide.

La recherche attentive du principe sucré dans la salive a également donné un résultat négatif.

Le sucre qui entrait dans la composition de l'urine a paru être de la même nature que le sucre de raisin.

(Ces faits sont extraits d'une Note insérée dans le N° Ier du nouveau *Journal de Chimie médicale et de Pharmacie.*)

MÉMOIRE *sur l'Urao (carbonate de soude).*

Par MM. MARIANO DE RIVERO et J.-B. BOUSSINGAULT.

(Traduit de l'espagnol sur une feuille publiée, en 1824, à Bogotà, par l'imprimerie de la République de Columbia.)

Au sud-ouest de Mérida, à une journée de distance de cette ville, dans la direction de la Grita, il existe un petit village d'Indiens, nommé *Lagunillas*, parce qu'il est situé à peu de distance d'une petite lagune d'où les indigènes extraient, depuis un grand nombre d'années, un sel nommé dans le pays *urao*.

La laguna en question peut avoir 1000 mètres de long et 250 de large. Sa plus grande profondeur n'est pas de 3 mètres. Elle est située dans un terrain argileux qui contient de gros fragmens de grès secondaire. Une observation barométrique, que nous avons calculée, a donné 1013 mètres pour la hauteur de la lagune au-dessus du niveau de la mer.

Pour extraire l'urao, les Indiens forment sous l'eau une excavation de plusieurs mètres, et y plantent un piquet de 14 à 16 pieds de long, dont l'extrémité supérieure s'élève au-dessus du niveau de l'eau. Quand ce

travail préparatoire est achevé, un Indien, s'appuyant sur le premier piquet, en dirige un autre vers la mine sous une certaine inclinaison ; aussitôt un second Indien se laisse glisser le long du piquet incliné, plonge, et après un séjour de peu de minutes sous l'eau, revient à la surface apporter quelques fragmens de sel. D'après ce qu'on nous a raconté, on trouve, avant d'atteindre le banc d'urao, dont l'épaisseur est peu considérable, un mètre de vase, et une couche renfermant beaucoup de cristaux de carbonate de chaux. L'eau du lac est peu salée : les animaux la boivent avec plaisir.

L'urao est cristallisé en aiguilles prismatiques qui paraissent diverger d'un centre commun ; son aspect est vitreux ; sa dureté un peu inférieure à celle du carbonate de chaux ; sa saveur est alcaline et semblable à celle du carbonate de soude ; il ne s'effleurit pas à l'air.

(Nous passons les détails de l'analyse pour ne donner que les résultats) :

Acide carbonique........	0,3900 ;
Soude..................	0,4122 ;
Eau....................	0,1880 ;
Matières étrangères et perte.	0,0098.

Ce sel contient donc plus d'acide carbonique que le carbonate et moins que le bi-carbonate.

Le carbonate de soude nommé *trona*, dont Klaproth a fait l'analyse et qui provenait de la province de Sukena, située près de Fezzan en Afrique, a beaucoup d'analogie avec l'urao. Voici les résultats du chimiste de Berlin :

Acide carbonique.	0,3900 ;
Soude...........	0,3800 ;
Eau.............	0,2300.

Le sel d'urao s'emploie dans ce pays pour donner un peu de mordant à un extrait de tabac qui, placé dans la bouche, excite la salivation : cette préparation s'appelle *chimo* ou *moo*. A *Mérida*, on mêle 4 *arrobas* d'*urao* avec 8 de tabac ; à *Varinas*, la proportion d'ura est seulement égale au quart de celle de tabac. Le moo contient moins d'urao que le chimo. (*Voyez*, tome II, page 432, une description un peu différente du même lac, par M. Palacio.)

JOURS.	9 heures du matin.			Midi.			3 heures du soir.			9 heures du soir.			Thermomètre.		État du ciel à midi.	Vents à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	754,20	+12,4	90	752,25	+17,6	69	751,26	+19,5	64	750,56	+12,5	90	+19,5	+ 7,8	Nuageux.	S. O.
2	753,55	+13,2	89	752,30	+15,0	85	751,00	+17,0	87	749,02	+13,0	97	+17,0	+ 8,5	Couvert.	S.
3	754,90	+14,5	71	756,32	+17,8	67	756,47	+18,0	68	757,18	+12,8	86	+18,0	+11,1	Couvert.	S. O.
4	757,95	+17,7	76	757,53	+20,8	62	757,00	+22,5	60	756,13	+17,5	80	+22,5	+ 8,0	Beau.	S.
5	755,14	+20,0	79	754,80	+24,3	67	754,30	+24,0	66	754,13	+17,8	88	+24,5	+12,1	Couvert.	S. O.
6	754,11	+20,0	89	753,95	+22,5	84	753,09	+23,1	65	752,30	+18,2	90	+24,0	+14,8	Couvert.	S. S. O.
7	755,10	+17,0	90	755,70	+21,6	70	755,80	+20,2	66	756,70	+13,0	86	+21,6	+13,0	Nuageux.	S. O.
8	759,06	+18,2	67	758,86	+20,2	61	758,46	+20,4	59	760,17	+12,5	95	+21,0	+ 9,8	Très-nuageux.	S. O.
9	760,90	+13,5	91	760,53	+17,7	70	759,34	+18,2	51	758,76	+13,6	81	+18,2	+11,2	Très-nuageux.	O. N. O.
10	758,40	+17,1	65	757,90	+18,5	56	757,05	+19,1	50	756,80	+14,7	77	+20,5	+ 8,9	Nuageux.	N. O.
11	756,90	+17,9	66	756,30	+22,2	52	755,44	+21,8	44	755,14	+17,0	56	+22,2	+ 9,2	Nuageux.	E. S. E.
12	754,07	+19,4	69	753,64	+22,8	67	752,40	+23,4	67	752,56	+13,0	96	+23,8	+13,0	Couvert.	S E.
13	753,50	+12,2	98	753,18	+12,0	98	752,73	+11,1	98	752,80	+10,5	99	+12,3	+10,5	Pluie continuelle.	N. O.
14	756,36	+12,5	51	756,53	+13,8	45	756,54	+14,5	44	757,95	+ 9,0	57	+14,5	+ 7,0	Petits nuag. à l'horiz.	N. E.
15	758,98	+10,5	65	758,12	+13,4	51	757,04	+12,5	52	756,54	+ 9,9	60	+13,4	+ 4,5	Nuageux.	N. N. E.
16	757,35	+12,2	64	757,12	+14,0	52	756,90	+14,3	54	757,36	+10,1	81	+14,3	+ 5,2	Quelques éclaircies.	N.
17	759,15	+14,4	72	759,20	+14,6	45	759,34	+14,5	46	760,85	+ 9,5	75	+15,5	+ 8,0	Très-nuageux.	N.
18	762,45	+12,5	70	762,18	+14,0	55	761,65	+15,4	47	762,03	+10,9	68	+15,4	+ 5,0	Très-nuageux.	N. N. E.
19	762,43	+13,1	76	762,08	+15,9	58	761,58	+16,3	57	761,32	+13,2	74	+16,3	+ 6,6	Nuageux.	N.
20	761,38	+14,1	71	760,70	+17,3	47	759,96	+18,8	36	759,34	+14,0	50	+19,0	+ 7,1	Beau.	N.
21	759,98	+20,6	59	759,56	+21,0	54	758,92	+22,5	54	758,56	+16,2	75	+22,5	+ 7,5	Nuageux.	E.
22	758,68	+23,5	58	758,36	+23,8	57	757,50	+24,5	54	756,80	+17,0	78	+25,1	+11,2	Nuages blancs.	S.
23	756,70	+21,9	75	755,72	+25,5	65	753,88	+25,9	62	753,30	+13,8	93	+26,9	+11,8	Nuageux.	S.
24	755,47	+19,6	70	755,20	+22,9	70	753,72	+23,2	67	752,22	+14,8	95	+23,3	+12,5	Nuageux.	S. S. O.
25	753,06	+16,9	85	752,63	+20,0	70	752,00	+15,8	90	751,00	+13,8	89	+20,0	+13,7	Quelq gouttes d'eau.	S.
26	750,77	+15,5	89	750,02	+19,5	76	749,74	+12,8	90	748,75	+11,2	92	+20,8	+11,3	Très-nuageux.	S. O.
27	749,40	+15,4	76	749,16	+17,3	65	749,24	+14,0	83	752,10	+ 9,6	85	+17,3	+ 7,0	Très-nuageux.	S. O.
28	755,47	+12,5	71	755,56	+15,0	66	755,37	+13,8	70	755,18	+10,2	88	+16,0	+ 6,6	Quelques éclaircies.	N. O.
29	756,70	+15,4	67	756,45	+17,4	58	756,21	+16,6	58	756,24	+11,2	80	+17,4	+ 6,1	Nuageux.	O.
30	756,94	+15,4	79	756,50	+16,5	60	756,12	+17,8	59	758,37	+11,9	77	+17,8	+ 6,8	Nuageux.	N.
31	762,02	+11,9	80	763,13	+14,0	67	763,24	+14,4	55	764,80	+10,8	62	+14,8	+ 8,3	Couvert.	N. E.
1	756,33	+16,4	81	756,01	+19,6	69	755,38	+20,2	64	755,18	+14,6	87	+20,7	+10,5	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,26	+13,9	70	757,90	+16,0	57	757,36	+16,3	54	757,59	+11,7	72	+16,7	+ 7,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 6,436
3	755,92	+17,1	74	755,66	+19,3	64	755,08	+18,3	67	755,21	+12,8	83	+20,2	+ 9,3	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,930
	756,80	+15,8	75	756,49	+18,3	63	755,91	+18,4	62	755,96	+13,0	82	+19,2	+ 9,2	Moyennes du mois, +14°,2.	

Analyse *des Séléniures du Harz oriental.*

Par Mr Henri Rose.

Les minéraux sélénifères dont je donne ici les analyses ont été découverts par M. Zinken, ingénieur en chef des mines du duc d'Anhalt-Bernburg. Ils se trouvent dans la partie orientale du Harz, en deux endroits peu éloignés l'un de l'autre. L'un de ces endroits est près de Zorge, dans des filons de fer qui traversent le schiste argileux et la diorite ; les séléniures y sont disséminés dans la chaux carbonatée magnésifère. L'autre endroit est près de Tilzerode, dans des filons. Les séléniures s'y trouvent en quantité plus grande, dispersés de la même manière dans la chaux carbonatée magnésifère, et souvent accompagnés d'or natif en petite quantité.

M. Zinken reconnut dès 1823 la présence du sélénium dans ces minéraux. Il a eu la bonté de m'envoyer une grande quantité de ces séléniures, dont j'ai analysé seulement cinq variétés, les autres n'étant pas assez pures pour se prêter à une analyse quantitative.

Pour analyser ces minéraux, je me suis servi du chlore. J'ai changé tous les métaux qu'ils contiennent en chlorures, et j'ai séparé le chlorure de sélénium, qui est volatil, des autres chlorures qui ne le sont pas. Je n'ai pas employé pour la dissolution de ces minéraux de l'acide nitrique ou de l'eau régale, parce qu'ils contiennent tous du plomb, et qu'alors j'aurais été obligé de précipiter l'oxide de plomb par l'acide sulfurique ; mais pour obtenir tout le sulfate de plomb, il aurait été nécessaire d'évaporer la liqueur à siccité, et de chauffer

la masse sèche pour chasser tous les acides libres ; ce qui eût rendu impossible la détermination de la quantité du sélénium. En précipitant, au contraire, le sélénium de la dissolution acide par l'acide sulfureux, on ne l'obtient pas en totalité, parce qu'une petite quantité de séléniate de plomb et même de sulfate et de chlorure de plomb se précipite en même temps.

L'appareil que j'ai employé pour ces analyses est presque le même que celui dont M. Berzelius s'est servi pour l'analyse du nickel gris. J'ai soudé deux tubes à un petit ballon de verre : un de ces tubes avait un petit diamètre et une longueur de 4 pouces ; le diamètre de l'autre était beaucoup plus grand, et sa longueur de 12 pouces. Ayant courbé celui-ci vers son milieu à angle droit, j'ai pesé tout l'appareil. Je l'ai pesé de nouveau après avoir mis le minéral réduit en poudre dans le ballon. Le tube le plus petit a été joint à un appareil d'où j'ai fait dégager bien lentement du chlore que j'ai séché par le chlorure de calcium. J'ai conduit le tube courbé en angle droit dans une bouteille qui était remplie d'eau jusqu'au tiers. Le tube passait par un liége qui ne fermait pas hermétiquement la bouteille, et ne s'enfonçait que de quelques lignes dans l'eau.

L'appareil étant rempli de chlore, le ballon fut chauffé bien doucement par la flamme d'une lampe à esprit-de-vin. Il se forma du chlorure de sélénium qui se volatilisa. C'est le chlorure de sélénium au *minimum* qui se forme au commencement, et qui coule comme une liqueur d'une couleur orange par le tube dans l'eau de la bouteille. Il y dépose du sélénium, dont la plus

grande partie se dissout ensuite dans la liqueur par le chlore qui y passe. Mais alors il ne se forme presque que du perchlorure de sélénium, qui a beaucoup de ressemblance avec le perchlorure de phosphore. Il se condense dans le tube, et il le boucherait s'il n'était pas assez large. Il est nécessaire de chasser très-souvent le chlorure qui s'est déposé dans le tube, près du ballon, par la flamme d'une petite lampe, jusqu'à l'eau de la bouteille; ce qui est difficile si la quantité en est trop grande. Il faut que le chlore se développe très-lentement; car si les bulles de gaz montent trop rapidement à travers l'eau, le chlorure de sélénium qu'elles contiennent n'a pas assez de temps pour se décomposer dans l'eau, et il s'en échappe une partie par la petite ouverture du bouchon sans être décomposée.

J'ai fait passer le chlore sur le minéral pendant une demi-journée : tous les métaux étaient alors parfaitement changés en chlorures. L'opération était finie lorsqu'il ne se formait plus de chlorure de sélénium. J'ai fait refroidir alors le ballon avec précaution, pour que le verre ne cassât pas par le refroidissement du chlorure de plomb fondu. Après le refroidissement, j'ai coupé la partie du tube large dans laquelle se trouvait encore du chlorure de sélénium, et je l'ai fait tomber dans la liqueur de la bouteille. Après avoir lavé le tube, je l'ai pesé avec le ballon qui renfermait les chlorures non volatils. Si le minéral contenait du fer, une partie du chlorure de fer se trouvait alors dans le tube, une autre avec les chlorures non volatils.

Il est nécessaire de ne pas trop chauffer le ballon,

parce qu'il se volatiliserait un peu de chlorure de plomb.

J'ai précipité le sélénium de la liqueur dans la bouteille par le sulfite d'ammoniaque, après y avoir ajouté de l'acide hydrochlorique. Le sélénium a été réuni sur un filtre, séché et pesé. Quoiqu'il soit bien facile de précipiter complètement le sélénium d'une dissolution d'acide sélénique par l'acide sulfureux, il est pourtant bien difficile de le précipiter d'une dissolution de chlorure de sélénium dans l'eau, par laquelle on a fait passer long-temps du chlore. Il faut faire digérer long-temps la liqueur avec le sulfite d'ammoniaque, et la mettre souvent en ébullition pour obtenir toute la quantité de sélénium. J'ai précipité ensuite le fer de la liqueur dont j'avais séparé le sélénium.

Les séléniures que j'ai analysés sont les suivans :

I. *Séléniure de plomb.* Il était le plus fréquent parmi les minéraux qui m'avaient été envoyés. Il a une si grande ressemblance dans l'intérieur avec le plomb sulfuré, qu'on a de la peine à l'en distinguer. La couleur en est d'un gris de plomb, et l'éclat très-fortement métallique; il ne se trouve qu'en masses implantées dans la chaux carbonatée magnésifère, dont on peut le séparer cependant très-facilement pour l'analyse par la digestion dans de l'acide hydrochlorique étendu d'eau. La cassure est saccharoïde; les grains sont plus ou moins grands, et là où ils sont plus grands, on peut bien reconnaître un clivage lamelleux, mais je n'ai pu en déterminer les directions : le minéral est d'ailleurs tendre et doux.

Le minéral purifié par l'acide hydrochlorique étendu d'eau ne donne pas de sublimé, et ne fond pas quand

on le chauffe au chalumeau dans un petit tube fermé à une extrémité. Si on le chauffe dans un tube ouvert, une petite quantité de sélénium se sublime, et il se forme en même temps des cristaux qui attirent l'eau, et qui sont de l'acide sélénique. La matière s'entoure d'oxide de plomb jaune fondu, et toute la chambre dans laquelle l'essai est fait se remplit de l'odeur spécifique du sélénium. Sur le charbon, il fume et teint la flamme du chalumeau d'une couleur bleue, qui est produite par la combustion du sélénium. A quelque distance autour de la matière, le charbon est couvert d'un sublimé d'oxide de plomb; mais il ne se forme pas de plomb métallique si l'on n'ajoute pas de soude. Traité par des fondans, on ne peut découvrir que les réactions du plomb. Quelques échantillons donnent cependant des réactions de fer, et un m'a donné des traces de cuivre.

D'après tous ces essais, que j'ai faits avec le chalumeau, une analyse quantitative était presque inutile: ce n'est que le séléniure de plomb à 2 atomes de sélénium qui peut produire ces phénomènes. Cependant j'ai analysé un échantillon bien pur, dans lequel je n'avais pu découvrir par le chalumeau la moindre trace de fer et de cuivre. 3,221 gr. du minéral purifié, traités avec le chlore, m'ont donné 3,104 gr. de chlorure de plomb, qui correspondent à 2,313 gr. de plomb ou à 71,81 p. c. Le chlorure de plomb s'est dissous entièrement dans l'eau, sans laisser un résidu de chlorure d'argent ou de quelques parties de minéral indécomposé. J'ai obtenu d'ailleurs 0,918 gr. ou 27,59 p. c. de sélénium, en employant 3,327 gr. du minéral. Ces résultats s'approchent de la composition calculée, d'après

laquelle le séléniure de plomb est composé de 72,3 de plomb et 27,7 de sélénium.

Pour savoir cependant si ce minéral ne contenait pas des traces de soufre, qu'on ne peut pas découvrir par le chalumeau, j'en ai traité une certaine quantité avec le chlore et j'ai conduit le sublimé dans l'eau. J'ai mis du chlorure de barium dans la liqueur rendue très-acide par l'acide hydrochlorique; mais il ne s'est pas précipité la moindre trace de sulfate de baryte. J'ai répété le même essai avec plusieurs autres échantillons de séléniure de plomb sans obtenir d'autre résultat.

II. *Séléniure de plomb avec séléniure de cobalt.* M. Zinken m'en a envoyé seulement un échantillon, en m'écrivant qu'il avait la plus grande ressemblance dans ses parties constituantes avec un minéral que M. Hausmann a nommé *Kobaltbleierz*, et qu'on trouve à Clausthal. Il a le même extérieur que le séléniure de plomb, et il est disséminé comme lui dans la chaux carbonatée magnésifère, de laquelle on peut le séparer par l'acide hydrochlorique étendu d'eau. Eprouvé au chalumeau, il n'est pas difficile de le reconnaître. Il donne un sublimé de sélénium lorsqu'on le chauffe dans un petit tube fermé à une extrémité, et il montre les réactions du cobalt si on le traite sur le charbon avec les fondans. Outre cela, il se comporte au chalumeau de la même manière que le séléniure de plomb. J'en ai traité 1,782 gr. avec le chlore. J'ai obtenu 0,560 gr. de sélénium et 0,011 gr. d'oxide de fer, que j'ai précipités par l'ammoniaque et qui contiennent 0,008 gr. de fer. Les chlorures non volatils se dissolvaient entièrement dans l'eau sans laisser de résidu. La

liqueur a été évaporée à siccité après y avoir ajouté de l'acide sulfurique. La masse sèche, chauffée pour chasser l'acide sulfurique libre et mêlée avec de l'eau, a laissé 1,668 gr. de sulfate de plomb, qui contiennent 1,139 gr. de plomb. J'ai précipité ensuite l'oxide de cobalt par la potasse caustique; mais la liqueur filtrée contenait encore un peu de cobalt, que j'ai précipité avec l'hydrosulfate d'ammoniaque. Toute la quantité de cobalt que j'ai obtenue, et qui était contenue dans l'oxide et dans le sulfure, était 0,056 gr., dans lesquels il y avait encore des traces de plomb et de fer, que je n'ai pas séparées. Le résultat de l'analyse est donc :

Plomb,	1,139;
Cobalt,	0,056;
Sélénium,	0,560;
Fer,	0,008;
Perte,	0,019;
	1,782;

ou sur cent,

Plomb,	63,92;
Cobalt,	3,14;
Sélénium,	31,42;
Fer,	0,45;
Perte,	1,07.
	100,00.

63,92 de plomb se combinent avec 24,47 de sélénium pour former le séléniure de plomb $Pb\,Se^2$. Le cobalt cependant ne peut pas être combiné avec 2 atomes de sélénium, parce qu'il y aurait alors un excès de sélénium,

4,22 de sélénium étant suffisans pour 3,14 de cobalt. Il est cependant très-vraisemblable que le cobalt est contenu dans ce minéral comme $CoSe^4$, puisque le minéral donne un sublimé de sélénium quand on le chauffe dans un petit matras. Cette combinaison serait analogue à la pyrite de fer, qui contient 4 atomes de soufre sur 1 atome de fer. Alors 3,14 de cobalt seraient combinés avec 8,44 de sélénium ou avec un peu plus du tiers de la quantité du sélénium du séléniure de plomb. Mais parce que le cobalt contenait encore des traces de plomb et de fer, il est probable que la composition du minéral peut être exprimée par la formule

$$CoSe^4 + 6PbSe^2.$$

On pourrait nommer ce minéral *plomb sélénié cobaltifère*.

III. *Séléniure de plomb avec séléniure de cuivre.* J'ai trouvé parmi les minéraux qui m'ont été envoyés par M. Zinken deux échantillons qui étaient d'un extérieur tout-à-fait semblable. Ils étaient d'un gris de plomb, n'étaient pas cristallisés; leur cassure était saccharoïde; ils formaient des masses assez homogènes. Ils étaient entourés de chaux carbonatée magnésifère; mais ils n'étaient pas disséminés dans celle-ci, comme l'est ordinairement le séléniure de plomb. Les deux échantillons se distinguent cependant par la manière dont ils se comportent au feu. Ils fondent assez facilement sur le charbon, dans un petit matras, l'un cependant plus difficilement que l'autre. Celui-ci fond comme l'antimoine sulfuré par la chaleur d'une petite

lampe à esprit-de-vin. Au chalumeau, ils se comportent d'ailleurs de la même manière. Chauffés dans un petit matras, ils ne donnent pas de sublimé; dans un tube ouvert, ils donnent, comme le séléniure de plomb, du sélénium et de l'acide sélénique. La matière se fond et s'entoure d'oxide de plomb jaune. Traités avec les fondans, ils montrent des réactions de cuivre bien distinctement.

Je parlerai, premièrement, de celle de ces combinaisons qui fond le plus difficilement. J'en ai fait l'analyse avec le chlore, comme celle des autres séléniures. Les chlorures non volatils furent dissous dans l'eau, et l'oxide de plomb fut précipité par l'acide sulfurique avec les précautions dont j'ai fait mention dans l'analyse du séléniure de plomb cobaltifère. La dissolution dont j'avais séparé le plomb fut mêlée avec de la potasse caustique et mise en ébullition pour précipiter tout l'oxide de cuivre. L'analyse de 2,710 gr. de ce minéral a donné :

Sélénium....................	0,812 ;
Fer avec des traces de plomb.	0,012 ;
Plomb......................	1,617 ;
Fer........................	0,009 ;
Cuivre.....................	0,213 ;
Minéral indécomposé........	0,027 ;
Perte......................	0,020 ;
	2,410 ;

ou au cent,

Sélénium....................	29,96 ;
Fer avec des traces de plomb.	0,44 ;
Plomb....................	59,67 ;
Fer....................	0,33 ;
Cuivre....................	7,86 ;
Minéral indécomposé.......	1,00 ;
Perte....................	0,74.
	100,00 (1).

59,67 de plomb se combinent avec 22,86 de sélénium pour former le séléniure de plomb $PbSe^2$. Si l'on suppose que le cuivre est combiné avec un atome de sélénium, 7,86 de cuivre se combineraient alors avec 4,93 de sélénium ; mais il y aurait un excès de sélénium. Si l'on admet que le cuivre est combiné avec 2 atomes de sélénium, comme dans le séléniure de cuivre qui est produit lorsqu'on fait passer l'hydrogène sélénié dans des dissolutions d'oxide de cuivre, 7,86 de cuivre se combineraient avec 9,86 de sélénium, et alors il n'y aurait pas assez de sélénium. Il est donc vraisemblable que le cuivre est contenu dans le minéral comme $CuSe$ et comme $\dot{C}uSe^2$, et il paraît que ces deux séléniures de cuivre sont entre eux dans une proportion très-simple. Mais comme le minéral n'est pas cristallisé, je n'ose pas prononcer sur sa composition (2).

(1) La dissolution du minéral dans l'acide nitrique n'a pas donné de précipité avec le chlorure de barium. Ce séléniure ne contenait donc ni soufre ni argent.

(2) En répétant l'analyse, j'ai obtenu 57,13 p. de plomb et 9,56 de cuivre, qui contenait cependant du fer, que je n'en ai pas séparé.

Je me suis convaincu qu'au moins une partie du cuivre peut contenir 2 atomes de sélénium dans ce minéral, quoique celui-ci ne donne pas un sublimé de sélénium en le chauffant dans un petit matras, comme on devait le supposer. J'ai fondu du séléniure de plomb avec le séléniure de cuivre, que j'ai préparé en chauffant de la limaille de cuivre avec du sélénium, et j'ai rougi la masse, de sorte qu'elle ne pouvait contenir de sélénium superflu. L'alliage de ces séléniures s'est fondu un peu plus facilement que le séléniure de cuivre seul. J'ai pu ajouter à cet alliage fondu une assez grande quantité de sélénium pur, sans qu'elle se soit sublimée par la chaleur. L'alliage devenait seulement beaucoup plus fusible, et d'autant plus qu'il se formait une plus grande quantité de $CuSe^2$ (1).

IV. *Séléniure de plomb avec séléniure de cuivre dans une autre proportion.*

L'autre de ces deux minéraux qui se fond plus facilement que celui dont je viens de parler, ne donne pas non plus de sublimé si on le chauffe dans un petit matras et s'il est pur. Une grande quantité du minéral, qui avait une couleur violette, donna cependant par la chaleur un sublimé noir qui avait l'air de sélénium,

(1) On voit des phénomènes semblables dans quelques sulfures. Une combinaison d'un atome de cobalt avec 4 atomes de soufre perdrait du soufre si on la chauffait dans un matras. Elle ne perd cependant rien si elle contient de l'arséniure de cobalt, comme dans le cobalt gris.

mais qui donnait des globules de mercure si on le chauffait avec de la soude dans un matras, et qui était du séléniure de mercure. La quantité de ce séléniure contenue dans les échantillons violets est d'autant plus grande, que la couleur est plus foncée et d'autant plus petite qu'elle est plus claire. Je n'ai pas analysé ces morceaux à cause de la quantité inégale de séléniure de mercure qu'ils contiennent. J'ai choisi pour l'analyse des morceaux qui n'étaient pas violets.

Le résultat de l'analyse de 1,010 gr. a été :

Sélénium..............	0,346;
Cuivre................	0,156;
Plomb.................	0,479;
Argent................	0,013;
Oxides de plomb et de fer.	0,021;
	1,015;

ou sur cent :

Sélénium..............	34,26;
Cuivre................	15,45;
Plomb.................	47,43;
Argent................	1,29;
Oxides de plomb et de fer.	2,08.
	100,51 (1).

Je n'ai pas soustrait la quantité d'oxigène des 2,08 p. c.

(1) En répétant l'analyse, j'ai obtenu 14,23 p. c. de cuivre, 50,27 de plomb et 1,09 d'argent. La différence entre ces deux analyses est plus grande qu'elle ne doit exister entre deux analyses d'un minéral cristallisé.

des oxides de fer et de plomb ; ce qui fait que j'ai obtenu un petit excès.

47,43 de plomb se combinent avec 18,13 de sélénium pour former du séléniure de plomb, et 15,45 de cuivre avec 9,69 de sélénium pour former *Cu Se*, et 19,38 pour former $Cu\,Se^2$. Ce que j'ai dit de la composition vraisemblable de l'autre minéral peut être appliqué à celui-ci. Il paraît aussi que la même proportion existe entre les deux séléniures de cuivre (*Cu Se* et $Cu\,Se^2$).

On pourrait nommer ces deux minéraux, qui ne sont pas peut-être composés en proportions fixes; l'un, qui a la moindre quantité de cuivre et qui fond plus difficilement, *séleniure de plomb cuprifère*, et l'autre, qui a une quantité plus grande de cuivre et qui fond plus facilement, *séléniure de plomb et de cuivre.*

V. *Séléniure de plomb avec séléniure de mercure.*

Les analyses de cette combinaison m'ont donné plus de peine que celles des autres séléniures, parce que le séléniure de mercure n'est pas combiné avec le séléniure de plomb dans une proportion définie. Les parties différentes du même échantillon sont composées si inégalement que j'ai obtenu des résultats très-différens en faisant deux analyses de morceaux du même échantillon. Un séléniure de plomb qui ne contient point de séléniure de mercure ne peut être distingué à l'extérieur des séléniures qui en contiennent beaucoup ou peu. Ils ont la même couleur; ils ne se trouvent qu'en masses et disséminés dans le bitterspath. Quelques échantillons

ont une cassure saccharoïde à petits grains, d'autres à gros grains, et alors on peut obtenir des parties qui ont un clivage triple et assez distinct, d'après les plans du cube. J'ai remarqué, dans plusieurs échantillons de ce minéral, que le séléniure de plomb qui était le plus éloigné du bitterspath contenait la plus grande quantité de séléniure de mercure, et que celui qui le touchait immédiatement en était tout-à-fait exempt. Quand le minéral a un clivage distinct, le dernier seul présente des parties lamelleuses : le premier (qui touche le bitterspath) est toujours saccharoïde à petits grains. On peut bien facilement se convaincre si le séléniure de plomb contient beaucoup de séléniure de mercure ou non. Le séléniure de plomb pur ne fond pas et ne donne pas de sublimé lorsqu'on le chauffe dans un petit matras; mais s'il contient du séléniure de mercure, celui-ci se sublime et forme un sublimé très-cristallin qui est d'autant plus considérable que le séléniure de plomb contient une plus grande quantité de séléniure de mercure. Si la quantité de celui-ci est grande, le minéral bout fortement dans le commencement de l'opération pendant que le séléniure de mercure se sublime; il ne reste que le séléniure de plomb infusible. Ordinairement il se forme un peu de séléniate de mercure par l'air du matras, qui est un peu plus volatil que le séléniure de mercure. On peut changer celui-ci tout-à-fait en séléniate si l'on chauffe le minéral dans un tube ouvert. Le séléniate de mercure fondu, formant des gouttes jaunâtres, a quelque ressemblance avec l'oxide de tellure, dont je supposais la présence dans ces minéraux avant que je me fusse convaincu qu'ils contenaient du mercure. On ré-

connaît la présence du mercure dans ce minéral en le chauffant dans un petit matras avec un peu de carbonate de soude sec; il se sublime alors du mercure. On en obtient aussi quelquefois, outre le séléniure de mercure, si l'on chauffe le minéral sans soude; mais, dans ce cas, il est produit par le bitterspath, qui décompose ce minéral.

J'ai choisi pour l'analyse quantitative des petits morceaux cubiques, dont j'ai trouvé la pesanteur spécifique dans un essai 7,8765, et dans un autre 7,804. J'en ai fait l'analyse, comme celles des autres échantillons, avec le chlore; mais il m'a fallu changer le procédé, parce que le chlorure de mercure se volatilise avec le chlorure de sélénium. Le chlore formait toujours, dans ces analyses avec le mercure, du sublimé corrosif, jamais du mercure doux. Le produit se dissolvait par conséquent tout-à-fait dans l'eau du récipient. Le sublimé corrosif a quelque ressemblance avec le chlorure de sélénium au *maximum*; il n'est pas cependant aussi volatil, et forme des aiguilles longues et brillantes qu'on ne trouve jamais dans le chlorure de sélénium.

J'ai fait en vain plusieurs essais pour séparer l'oxide de mercure de l'acide sélénique qui était contenu dans la liqueur, dans laquelle ces deux corps étaient dissous. M. Berzelius a déjà remarqué que les alcalis caustiques et leurs carbonates ne séparent qu'imparfaitement l'acide sélénique de l'oxide de mercure; et en effet, on ne peut non plus précipiter complètement l'oxide de mercure dissous dans d'autres acides par les alcalis. J'ai essayé d'obtenir le mercure du minéral en mêlant celui-ci pulvérisé avec le carbonate sec de soude ou de chaux, et en

chauffant le mélange; mais il est difficile d'obtenir de cette manière toute la quantité du mercure.

L'hydrosulfure d'ammoniaque cependant précipite complètement le mercure de ses dissolutions alcalines, et même un grand excès d'hydrosulfure d'ammoniaque ne dissout pas le sulfure de mercure, au moins à froid, d'après les essais que j'ai faits. Je ne m'attendais pas à ce résultat, parce que la préparation du cinnabre par la voie humide est produite par la solubilité du sulfure de mercure dans l'hydrosulfure de potasse chaud.

1,556 gr. du minéral ont donné 1,168 de chlorure de plomb, qui contiennent 0,870 gr. de plomb. Tout le chlorure s'est dissous entièrement dans l'eau.

La liqueur dans laquelle les chlorures volatils étaient dissous a été mêlée avec de l'ammoniaque caustique et ensuite avec de l'hydrosulfure d'ammoniaque en excès. Il s'est précipité du sulfure de mercure, qui a été mis sur un filtre pesé. L'ayant séché soigneusement, il pesait 0,306 gr. Je n'ai pas analysé ce sulfure; mais parce que l'hydrosulfure d'ammoniaque employé était récemment préparé, il ne pouvait pas contenir de soufre libre. Il contenait donc 0,264 gr. de mercure. La liqueur de laquelle j'avais séparé le mercure a été rendue acide par l'acide hydrochlorique et chauffée pour chasser l'hydrogène sulfuré. Le sulfure de sélénium a été oxidé par l'eau régale, et la dissolution ajoutée à la liqueur dont le sulfure de sélénium avait été précipité. J'ai réduit le sélénium par le sulfite d'ammoniaque, après que l'acide nitrique de l'eau régale a été décomposé autant que possible par l'acide hydrochlorique. La quan-

tité du sélénium obtenue était 0,389. Le résultat de l'analyse est donc :

Sélénium,	0,389;
Plomb,	0,870;
Mercure,	0,264;
Perte,	0,035;
	1,558;

ou sur cent,

Sélénium,	24,97;
Plomb,	55,84;
Mercure,	16,94;
Perte,	2,25.
	100,00.

La perte est trop grande pour déterminer exactement la composition du minéral. J'ai cependant des raisons pour admettre que la perte consistait principalement en sélénium. 55,84 de plomb se combinent avec 21,39 de sélénium, et 16,94 de mercure avec 6,63 de sélénium. On pourrait peut-être supposer que la composition de ce minéral peut être exprimée par la formule

$$Hg\,Se^2 + 3\,Pb\,Se^2.$$

Je me suis cependant convaincu que le séléniure de plomb n'est pas combiné avec le séléniure de mercure dans ce minéral dans une proportion définie, mais que ces deux séléniures peuvent se combiner (comme des corps isomorphes) dans toutes proportions sans changer la forme du composé; car j'ai traité 0,900 gr. du même échantillon sur lequel j'avais pris la matière pour la première ana-

lyse avec le chlore, en choisissant avec soin des morceaux cubiques qui avaient tout-à-fait le même extérieur que ceux que j'avais analysés en premier lieu, et je n'ai obtenu que 0,330 gr. de chlorure de plomb, qui contiennent 0,246 gr. de plomb. Si l'on calcule la composition du minéral d'après ce résultat, on obtient la composition suivante tout-à-fait différente de l'autre :

Sélénium,	27,98;
Plomb,	27,33;
Mercure,	44,69.
	100,00.

M. Zinken, outre ces minéraux, m'en a envoyé un autre contenant du sélénium, du plomb, du cuivre et beaucoup d'argent. Je n'en ai pas fait cependant une analyse quantitative, parce que le minéral était mêlé non-seulement avec le spath magnésien, mais aussi avec le cuivre pyriteux, dont je n'ai pu le séparer. Le cuivre pyriteux couvrait encore toute la masse sous la forme de mamelons, et contenait lui-même beaucoup de sélénium.

Sur *la Séparation de l'acide titanique de l'oxide de fer.*

Par Mr Henri Rose.

Dans un Mémoire que j'ai publié il y a quelque temps, j'ai démontré que plusieurs espèces de mica contiennent environ un p. c. d'acide titanique, résultat que M. Vau-

quelin a confirmé, quoiqu'il se soit servi d'une autre méthode que moi. M. Peschier cependant, en opposition avec M. Vauquelin, a cherché à soutenir dans un Mémoire publié à la fin de l'année passée (1) ce qu'il avait déjà avancé; c'est-à-dire, que les différentes espèces de mica contiennent une quantité d'acide titanique très-considérable (le mica noir de la Sibérie, par exemple, 21 p. c.). Ceux qui se sont occupés de la chimie analytique se sont certainement convaincus, par la lecture du Mémoire de M. Peschier, que les méthodes qu'il a employées pour séparer l'acide titanique des autres substances sont en contradiction avec celles que les savans les plus distingués nous ont données; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de réfuter M. Peschier. Je profiterai cependant de cette occasion pour publier une méthode de séparer exactement l'oxide de fer de l'acide titanique, lorsqu'on a ces deux substances en dissolution dans l'acide hydrochlorique. En analysant les micas dans lesquels je cherchais l'acide titanique, je n'avais pu séparer entièrement celui-ci de l'oxide de fer; et, en effet, toutes les méthodes qu'on avait de séparer ces deux corps l'un de l'autre n'atteignent leur but que très-imparfaitement.

Si l'on mêle une quantité suffisante d'acide tartrique à la dissolution de l'acide titanique et de l'oxide de fer dans l'acide hydrochlorique, et si on la délaie avec de l'eau, on peut ajouter un grand excès d'ammoniaque caustique sans qu'on précipite la moindre trace d'oxide

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, tome XXVII, page 281.

de fer ou d'acide titanique. Si l'on ajoute alors à la dissolution ammoniacale de l'hydrosulfure d'ammoniaque, qui n'a aucune action sur l'acide titanique, tout l'oxide de fer se change en sulfure, qui se sépare parfaitement. On lave celui-ci soigneusement avec de l'eau mêlée avec quelques gouttes d'hydrosulfure d'ammoniaque, jusqu'à ce que le précipité ne contienne plus de tartrate; on le dissout dans l'acide hydrochlorique, et on chauffe la solution pour chasser l'acide hydrosulfurique. On ajoute alors de l'acide nitrique à la solution de fer pour changer le protoxide en peroxide, et on précipite ce dernier par l'ammoniaque. On peut obtenir ensuite l'acide titanique de la solution dont on a séparé le fer (si elle ne contient pas de parties fixes), en évaporant celle-ci à siccité, et en rougissant la masse saline en contact avec l'air jusqu'à ce qu'on ait chassé tous les sels volatils, et qu'on ait brûlé parfaitement le charbon de l'acide tartrique. Cela se fait le mieux quand on met la masse saline dans un petit creuset de platine, dans la moufle d'un fourneau de coupelle. Il ne reste que de l'acide titanique si les substances qu'on a employées étaient pures.

Cette méthode me paraît également avantageuse pour la préparation de l'acide titanique, en employant des minéraux composés de protoxide de fer et d'acide titanique, et qu'on peut dissoudre après les avoir pulvérisés dans l'acide hydrochlorique concentré. Comme on n'a pas besoin alors de laver soigneusement le sulfure de fer, je ne connais pas, dans ce cas, de procédé qui soit plus court.

Non-seulement les alcalis n'indiquent pas la présence de l'acide titanique dans la dissolution de cet acide, qui

contient de l'acide tartrique; mais l'acide titanique ne peut pas être précipité non plus si l'on met la dissolution en ébullition, qu'elle soit acide ou ammoniacale. Si elle est acide, l'infusion de noix de galle donne un précipité de couleur orange, et la liqueur surnageante est encore d'une teinte assez foncée; si elle est ammoniacale, le précipité est d'une couleur sale et verdâtre, et ne se dépose qu'après un long espace de temps; mais la liqueur surnageante n'est pas sans couleur non plus, quoique la couleur ne soit pas aussi foncée qu'auparavant, de sorte qu'on ne peut pas précipiter parfaitement l'acide titanique d'une dissolution ammoniacale par l'infusion de noix de galle. Cependant je crois qu'on peut se procurer par ce moyen de l'acide titanique pur du rutile s'il est fondu avec du carbonate de potasse. Si la masse fondue est dissoute dans l'acide hydrochlorique, et si l'on a séparé le fer de la manière décrite, le cyanure de fer et de potassium produit dans la dissolution acide un précipité qui ressemble beaucoup, par sa couleur, à celui qu'on a obtenu par l'infusion de noix de galle de la dissolution ammoniacale.

J'ai cherché à employer la méthode que je viens de décrire pour déterminer la quantité d'oxide de fer dans le rutile de Saint-Yrieix, qui doit être, d'après M. Peschier, un titanate de fer (1). J'ai fondu deux cristaux d'une couleur foncée rougeâtre, réduits en poudre avec du carbonate de soude. La masse fondue n'avait pas une couleur verte; ce qui prouve que ces cristaux ne contenaient pas d'oxide de manganèse, comme je l'ai trouvé

(1) *Bibliothèque universelle*. Mai 1824, page 43.

très-souvent. La masse a été dissoute dans de l'acide hydrochlorique, et la dissolution étendue avec beaucoup d'eau ; on y a ajouté de l'acide tartrique en quantité suffisante, et on l'a rendue ammoniacale. Le fer a été précipité par l'hydrosulfure d'ammoniaque, et j'ai traité le précipité comme je l'ai dit auparavant. J'ai obtenu de 3,334 gr. de rutile 0,051 gr. d'oxide de fer, ou 1,53 pour cent. M. Peschier cependant a trouvé que le rutile de Saint-Yrieix contient :

Oxide de fer,	27,5 ;
Acide titanique,	71,3 ;
Oxide de manganèse,	1,2 ;
Soufre, une trace.	
	100,00.

Je n'ai pas examiné de cette manière le titane pur que M. Wollaston a découvert dans les scories de fer, quoique M. Peschier suppose aussi qu'il contienne une grande quantité de fer, et qu'il le nomme *titanite de fer*, parce qu'on ne peut conserver de doutes après l'examen du docteur Wollaston.

J'ai encore employé la même méthode pour analyser les combinaisons de protoxide de fer et d'acide titanique, qui se trouvent dans la nature. Il y en a beaucoup, et on les connaît sous les noms de *menacanite*, de *fer titané*, de *crichtonite* et d'*iserine*. L'iserine et le fer titané de Egersund en Norvège sont, parmi ces minéraux, ceux qui se prêtent le mieux à une analyse exacte, parce qu'on ne peut pas distinguer le fer titané sablonneux du fer oxidé magnétique sablonneux avec lequel il

est mêlé. La crichtonite est trop rare pour que j'aie pu m'en procurer en quantité suffisante.

I. *Iserine de l'Iserviesi dans le Riesengebirge.* J'ai employé pour l'analyse deux grains volumineux de l'iserine que M. Weiss a bien voulu me donner, et qui pesaient chacun presque un gramme. Je n'ai pas choisi plusieurs grains pour l'analyse, parce que je ne pouvais pas savoir s'ils avaient tous une composition semblable, et parce que j'ai trouvé, il y a quelque temps, en analysant plusieurs petits grains d'iserine, une quantité de chrôme que je n'ai pas retrouvée après, et qui ne pouvait provenir que de grains de fer chromé mélangé.

Le grain le plus magnétique pesa, lorsqu'il fut réduit en poudre très-fine, 0,822 gr. Mis en digestion avec de l'acide hydrochlorique concentré, il laissa une poudre blanche que je pus laver sans qu'elle passât par les pores du filtre, et qui pesa 0,015 gr. Eprouvée au chalumeau, elle ne montra que les réactions de l'acide titanique. La liqueur filtrée, que je traitai de la manière susmentionnée, me donna 0,466 gr. de peroxide de fer, qui correspondent à 0,413 gr. de protoxide. J'ai obtenu l'acide titanique en évaporant à siccité la liqueur filtrée et en rougissant la masse saline sèche sous la moufle, dans un petit creuset de platine. J'ai obtenu 0,428 gr. d'acide titanique qui, ajoutés au résidu 0,015, font 0,443 gr.; ou au cent 49,88 de protoxide de fer et 53,50 d'acide titanique. L'analyse donna ainsi un excès de 3,38 p. c., qui provenait de ce que l'acide tartrique que j'ai employé n'était pas tout-à-fait exempt de parties fixes. Mais comme la quantité de protoxide de fer était déterminée rigoureusement, et comme il n'y avait pas d'au-

tres parties constituantes que de l'acide titanique, on pouvait déterminer sa quantité par la pesée : la composition de l'iserine est par conséquent :

Protoxide de fer,	49,88 ;
Acide titanique,	50,12.
	100,00.

49,88 p. de protoxide de fer contiennent 11,36 p. d'oxigène, et 50,12 p. d'acide titanique 17,02. La quantité de l'oxigène du protoxide de fer est ainsi à celle de l'acide titanique, comme 1:1 $\frac{1}{2}$, et on pourrait exprimer la composition du minéral par la formule $3\ddot{\ddot{Ti}} + 4\ddot{F}$; mais parce qu'il est vraisemblable, d'après M. Berzelius, que tous les minéraux d'une couleur noire, et qui doivent cette couleur au fer, contiennent non-seulement du protoxide, mais aussi du peroxide de fer, il est de même vraisemblable que l'iserine contient aussi du peroxide de fer.

La poudre de l'autre grain, qui n'était que très-peu magnétique, pesa 0,932 gr. Elle donna 0,499 gr. de peroxide de fer, qui correspondent à 0,442 gr. de protoxide ou à 47,42 p. c. Je ne déterminerai pas si cette quantité plus petite de protoxide de fer est la cause pour laquelle le grain n'était pas aussi magnétique que le premier.

II. *Fer titané de Egersund en Norwège.* Celui-ci a la même couleur que l'iserine, mais un éclat beaucoup moindre. Il ne se trouve qu'en masses avec beaucoup de faces de séparation.

1,473 grains de minéral réduit en poudre ont été mis en digestion avec de l'acide hydrochlorique à une chaleur modérée. La dissolution s'en est faite aussi facilement que

celle de l'iserine, et on a obtenu un résidu blanc de 0,036 gr., qui s'est comporté de la même manière que celui laissé par l'iserine. J'ai retiré de la dissolution 0,848 gr. de peroxide de fer, qui correspondent à 0,752 gr. de protoxide, et 0,717 gr. d'acide titanique. Cela fait pour cent 51,05 de protoxide de fer et 51,12 d'acide titanique. J'ai obtenu aussi, pour les causes que j'ai nommées plus haut, un excès de 2,17 p. c.

En répétant l'analyse avec 2,687 gr. de poudre, j'ai obtenu 1,562 gr. de peroxide de fer, qui correspondent à 1,385 gr. de protoxide ou à 51,54 p. c.

ANALYSE *d'un Alliage d'or avec du rhodium, de la Maison du Départ* (Apartado) *de Mexico.*

PAR M. ANDRÉ DEL RIO,

Professeur au Collége des Mines, et membre de l'Institut des Sciences à Mexico (1).

M. CLOUD, directeur des travaux chimiques à l'hôtel des monnaies de Philadelphie, a découvert, l'année 1810, un alliage d'or avec du palladium dans deux lingots d'or du Brésil. J'ai trouvé ici un autre alliage avec du rho-

---

(1) Ce Mémoire a été communiqué à M. de Humboldt par M. Lucas Alaman, dont les savans de l'Europe ont apprécié le rare mérite, et qui est aujourd'hui ministre de l'Intérieur de la Confédération des Etats mexicains. M. del Rio,

dium, qui n'est pas encore connu en Europe. Dans cette heureuse époque, on peut s'attendre à une infinité de découvertes à mesure qu'un pays aussi vaste et enrichi par la nature sera exploré avec soin. Je m'étonne que M. Cloud, dans son analyse, n'assigne pas la quantité de chaque métal de l'alliage, ni même son poids spécifique.

I. Ayant traité par l'eau régale 199,2 grains d'un alliage d'or de cette Maison de Départ, dont le poids spécifique, suivant le citoyen Jean Mendez, était de 15,40, il y eut un dépôt d'argent corné qui pesa 1,28; ce qui fait 0,97 d'argent. On a séparé l'or de la quatrième partie de la dissolution par le moyen de l'éther, et l'on a remarqué un courant galvanique tel que l'éther surnageait quelquefois, comme il est naturel, et que d'autres fois il se plaçait au-dessous de l'eau régale : c'est un phénomène qui mérite d'être examiné avec plus d'attention. Etant persuadé que c'était encore un alliage, on en a extrait avec du borax un culot de 45,5 gr. qui n'était pas ductile. L'ayant fait bouillir avec de l'acide nitrique, il n'a rien perdu de son poids; et l'ayant fondu avec autant de nitrate de potasse dans un petit creuset de platine, il s'est attaché beaucoup d'or au platine, et en outre une efflorescence formée de très-petits grains qui avaient la couleur blanche de l'étain. On a lessivé avec de l'eau chaude, et après la décantation

---

qui a fait ses premières études à Paris, à Freiberg et à Schemniz en Hongrie, est avantageusement connu par des travaux de chimie analytique, et par la publication d'un *Traité de Minéralogie* et de *tableaux géognostiques*.

et le lavage, il est resté une poudre noire très-pesante, en partie en aiguilles très-courtes et très-minces, et une autre poudre plus légère d'une couleur verte d'olive. La lessive filtrée a donné une liqueur jaune, et a laissé le filtre noirci; mais après la dessiccation, il était d'un vert d'olive clair. La même lessive, saturée avec de l'acide nitrique, a laissé un dépôt de couleur cerise, et avec la teinture de noix de galle, un autre dépôt d'un brun jaunâtre obscur, ce qui prouve que ce n'était pas de l'*osmium*.

La poudre noire ayant été séparée de l'or par le moyen du mercure, a été dissoute dans de l'acide hydrochlorique, et en faisant bouillir la dissolution, elle a pris une belle couleur orangée. Le C. Mendez n'a pas pu réduire au chalumeau la poudre verte; mais il a remarqué que quelques points détonaient comme le nitre; ce qui est une propriété du rhodium. Cette poudre verte, que je voulais traiter séparément en la faisant passer avec de l'eau d'une capsule dans un matras, est devenue noire une seconde fois, et je l'ai ajoutée à la dissolution rouge, que j'ai fait bouillir de nouveau : quoiqu'étant chaude elle paraissait brune, et reprenait sa couleur rouge en se refroidissant. On y a ajouté du sel ammoniac, et il s'en est précipité, en la concentrant, une poudre orangée qui, après la décantation et un lavage suffisant, s'est dissoute dans de l'eau froide, et encore mieux dans de l'eau chaude; et par une évaporation ménagée, elle a donné une infinité de cristaux qui étaient aussi de couleur orangée. Ayant été réduite seule dans le même creuset d'auparavant, l'or s'est recouvert d'un enduit de rhodium d'un blanc d'étain, qui avait la forme

d'ampoules ou de petites vessies (1). En faisant bouillir deux fois dans le même creuset de la potasse et du nitre, et en y ajoutant de l'eau, tout l'or est resté à découvert, et l'on a obtenu, en saturant la lessive avec de l'acide sulfurique, le deutoxide brun-rougeâtre obscur, qui pesait 16 grains. En déduisant 2,14 qu'il doit contenir d'oxigène, il reste 13,86 de rhodium, qui, étant comparés aux 45,5 employés, donnent 30,4 de rhodium pour 100 d'alliage. Je ne dois pas omettre que la potasse a causé de très-petits trous dans le creuset, et en a extrait 131 gr. de protoxide de platine, qu'on a réduits dans un autre creuset de terre, autant qu'il a pu résister.

L'acide muriatique ni l'eau régale n'ont pas dissous toute la poudre noire : la dissolution de potasse l'a dissoute en partie, et le résidu a été traité avec du suif dans un petit creuset, dans lequel on remarquait après cela plusieurs points blancs métalliques. Comme tous les points n'étaient pas également éclatans, je n'ai pas réuni le poids du résidu au produit antérieur ; j'ai réfléchi après que la faute a été de ne pas lui avoir donné assez de feu, et que j'aurais dû l'ajouter tout comme celui qui avait été dissous par la potasse.

II. Des trois quarts qui restaient de la dissolution, on a distillé la plus grande partie de l'acide, et l'on a saturé le reste avec de l'ammoniaque sans en mettre pour-

(1) On a vu après que c'était l'or qui avait formé ces vessies, comme s'il avait voulu se détacher du platine pour se joindre avec le rhodium. Celui-ci est toujours resté blanc. Est-ce que le platine y influerait ? Je le crois éminemment galvanique.

tant un excès. Le précipité orangé a perdu par la suite sa teinte rouge, en tirant un peu sur le jaune d'ochre : c'est pour cela, et parce qu'en le lavant avec de l'eau chaude, celle-ci devenait verdâtre, que j'ai conclu que, quoiqu'il détonât comme l'or fulminant, il n'était pas cependant tout-à-fait pur. En effet, en ayant fondu 10 gr. avec du borax, après avoir été macérés avec de l'huile, on a eu un petit bouton blanc (1) qui était trop aigre, dont l'intérieur, qui était *hamiforme*, avait une couleur de cuivre blanchâtre ou de nickel; il est resté un verre d'un vert de porreau et rouge de cochenille, et le petit culot pesait 5,9 gr. Sa surface blanche se changea bientôt en couleur brune de tombac; et l'ayant fondu avec du nitrate de potasse, on en a obtenu un petit culot d'or pur qui a pesé 4,3 gr. (2). En ayant fondu encore 10 grains, on a eu un autre bouton qui n'était pas non plus ductile, et qui a laissé une scorie d'un rouge plus clair, dont le poids a été de 7,1 gr. : ayant été refondu par la même méthode, il a donné aussi un petit culot d'or pur qui pesait de même 4,3 gr. Ainsi, si 100 parties d'ammoniure d'or ont donné 43 parties d'or, 212, qui a été le poids de tout le précipité, auraient donné 91,16. Les trois quarts de la dissolution devaient contenir 149,40 d'alliage, et, en déduisant trois quarts de grain d'argent, 148,65.

En faisant la soustraction de l'or, il resterait 57,49 de

---

(1) C'est une chose fort singulière que cette tendance qu'a le rhodium de se porter à la surface de l'or.

(2) C'est pour cela que j'ai garni les fonds et les parois des creusets avec un excès de borax, qui a beaucoup de tendance à vitrifier le rhodium.

rhodium, ce qui fait 38,6 pour 100 d'alliage. Le poids spécifique de cet alliage devrait être de 15,91; mais n'étant que de 15,40, il s'ensuit qu'il doit y avoir eu de la dilatation.

On distilla à sec ce qui resta de la dissolution, et l'on obtint un résidu brun obscur qui, ayant été traité avec de l'acide muriatique, n'a pas présenté les changemens de couleur de l'*iridium*; il n'a pas donné non plus de cristaux rouges avec de l'ammoniaque, mais bien un sel double rouge de chair qui ne voulait pas cristalliser, et qui, après avoir été séché, ressemblait au fer écumeux brun décoloré. Le C. Mendez n'a pas pu le réduire au chalumeau, et il n'a obtenu qu'un verre d'un vert jaunâtre, avec du borax.

On remarque donc que ni l'éther ni l'ammoniaque ne sont pas les moyens les plus sûrs, ni les plus aisés en même temps, pour séparer le rhodium. C'est par cette considération que j'ai eu recours à ce qu'en dit le docteur Wollaston, qu'il ne s'amalgame point avec le mercure.

III. A cet effet, le C. Mendez a coupellé en deux reprises un alliage d'or avec du rhodium et du cuivre qui était très-cassant, et qui pesait 133,7 gr.; il en a obtenu deux petits globules, dont l'un n'était que de 53,87, et l'autre de 66,13 grains. J'ai traité le premier avec du mercure et de l'eau bouillante, et encore par frottement dans un mortier de fer, et le tout a été amalgamé; il n'est resté que 2,5 gr. d'une poudre d'un vert d'olive clair, qui dans l'eau même, par la suite, s'est obscurcie de plus en plus, et est devenue noire-verdâtre. La poudre verte serait-elle un deutoxide intermédiaire

entre le noir et le brun-rougeâtre ou de couleur puce, et la poudre noire-verdâtre un hydrate? J'ai la plus haute estime pour M. Berzelius; mais il désire lui-même qu'on cherche la vérité avec franchise. Quant au petit culot de l'alliage, quelque soin que j'aie pris pour en laver l'amalgame, il montra toujours, après avoir été rougi au feu, une tache noire de rhodium dans le fond; ayant été fondu avec du nitre, il pesa 49,7 gr., et son poids spécifique, d'après le C. Mendez, était de 15. Je suppose que le poids spécifique était moindre à cause des trois huitièmes de grain d'argent qu'il contenait; mais ce qui est bien démontré, c'est que le rhodium s'amalgame aisément par l'intermédiaire de l'or, quoique lui seul ne s'amalgame pas. Il faut avouer que je me suis bien trompé dans mon but principal, qui était de savoir si cet alliage était, dans la Maison du Départ, le résultat des lingots d'argent de fonte, et non pas de ceux de l'argent d'amalgamation; ce qui n'aurait pas peu contribué à la recherche de ses gîtes et de ses mines, que l'on ignore jusqu'à présent.

IV. Ayant vu par une épreuve que le protosulfate de fer ni l'acide oxalique ne précipitaient pas le rhodium, j'ai dissous dans de l'eau régale le bouton de 66,13, dont le poids spécifique était, d'après le C. Mendez, de 15,48. Ayant été forgé avec le marteau, faute de laminoir, on voyait des taches d'un blanc d'étain sur le fond jaune; ce qui prouve que l'alliage n'était pas bien uniforme; il y avait un demi-grain d'argent dans le chlorure d'argent qui se précipita; ce qui fait plus de trois quarts de grains pour 100. Cela démontre clairement combien il serait nécessaire de se

servir de l'acide sulfurique pour extraire tout l'argent dans la Maison du Départ. Je ne voulais prendre que la moitié de cette dissolution; mais j'en pris davantage faute de tubes gradués, et je l'ai précipitée avec du protosulfate de fer; le culot réduit a pesé 30,7, et son poids spécifique était de 19,07. En ajoutant du protosulfate à la dissolution, elle devenait noire comme de l'encre, et rouge par réfraction au soleil, avec beaucoup d'effervescence et de dégagement de deutoxide d'azote; mais aussitôt qu'il cessait, elle reprenait sa première transparence. L'ayant distillée à sec pour en dégager les acides nitrique et hydrochlorique, et y ayant mis de l'eau, il est resté beaucoup de sous-sulfate de fer, qui ne s'est pas dissous; en y ajoutant un peu d'acide sulfurique, et en faisant bouillir, le tout a été dissous et la liqueur a pris une couleur rouge de chair pâle : alors j'y ai mis une plaque de fer, qui est devenue rouge de cuivre; mais en la lavant dans de l'eau distillée, l'enduit coloré s'est montré très-friable, et il s'en dégageait une odeur très-fétide que je n'ai pu définir. J'ai senti la même odeur en mettant de l'eau sur l'alliage fondu avec de la potasse. Après la filtration et les lavages, il est resté des pellicules un peu flexibles, qui, après avoir été séchées, avaient la couleur de tombac; elles ont pesé 10,6. En voulant les réduire tout-à-fait avec du borax, puisqu'on peut réduire même le protoxide, d'après ce qui est dit dans la Chimie de Thomson, je n'en ai retiré qu'un verre vert. Ainsi en les estimant comme métalliques (car si elles ne l'étaient pas, elles s'en rapprochent de beaucoup), nous aurons 25,4 de rhodium pour 100 d'alliage, ne comptant pas celui qui est

encore resté allié avec l'or. J'avais pris pour cela la moitié inférieure de la dissolution qui avait été long-temps en repos. Se serait-elle surchargée d'une plus grande quantité d'or ? Je serais d'autant plus tenté de le croire, que, de la quatrième partie de la même dissolution précipitée avec de l'ammoniaque, qui aurait dû contenir 16,5 d'alliage, je n'ai pu en retirer que 9,3 d'or; ce qui fait 43 de rhodium pour 100 d'alliage. La dissolution qui restait avait la couleur du protosulfate de fer.

V. Dans cet état de choses, le C. Mendez eut l'idée d'ajouter de l'acide sulfurique à la dissolution, dans l'eau régale, de 10 grains d'un autre alliage dont le poids spécifique était de 16,8, et de la distiller à sec. Quand tout l'acide muriatique eut passé, et la liqueur de la cornue restant d'un rouge très-foncé, on changea le récipient; une matière jaune s'éleva avec l'acide, et l'or resta dans la cornue avec l'apparence de l'or mussif. La matière jaune se dissolvait en partie dans l'eau en la colorant premièrement en jaune, après en vert, et il se formait un dépôt de couleur jaune d'ocre, qui serait du sous-trito-sulfate de rhodium. En mettant de l'eau dans la cornue, on a obtenu le même dépôt, qui a été séparé par décantation, et l'or a été fondu deux fois avec de la potasse et du nitre, en laissant un verre vert-poireau très-obscur la première fois, et plus clair la seconde; en sorte qu'il aurait fallu répéter plusieurs fois l'opération pour obtenir l'or parfaitement pur : il pesait, dans l'état où nous l'avons laissé, 8,2. On voit donc, d'après ce qui précède, que le rhodium s'allie avec l'or en différentes proportions; et le

terme moyen, d'après ce que j'ai observé, est de 34 parties de rhodium pour 100 d'alliage; ce qui fait plus de la troisième partie.

Je suis fâché d'être forcé de dire que le Dr Wollaston se trompe, en assurant que les alliages d'or avec le rhodium sont très-ductiles. Il y a long-temps qu'on observait le contraire dans cette Maison de départ, en l'attribuant à l'*âcreté des acides*, comme si l'on en employait plus d'un, et qu'ils fussent très-volatils et très-aisés à être décomposés. C'est à présent qu'on peut concevoir qu'un métal aigre et en si grande quantité doit aigrir les alliages qu'il forme.

Je suppose que nos praticiens ne diront plus qu'*avec la coupelle et deux ou trois acides, on peut découvrir dans l'or quelque fraude que ce soit*; car ils ont ce nouvel exemple du rhodium, outre ceux qu'on avait auparavant du platine et du palladium; et j'espère que l'iridium jouera aussi son rôle quelque jour. Quant aux pertes énormes de la Maison de départ, j'entends dire qu'on a fait en d'autres temps de longs rapports; mais c'est avec des expériences que l'on découvre les vérités physiques. Les rapports sont comme la monnaie des Lacédémoniens, dont le volume était infiniment plus grand que la valeur.

Je ne crois pas que l'on puisse obtenir la séparation complète du rhodium en adoucissant l'alliage avec du sublimé corrosif, quoique ce moyen soit plus chimique que de laver avec du savon et des chiffons les *marquètes* (1) d'argent, comme on faisait à Tasco, pour leur

---

(1) On appelle *marquetas* les pains ou les boules d'amalgame, après qu'on a chassé le mercure par la distillation.

enlever la poudre noire ou l'oxide d'un autre métal qui ressemble beaucoup au sélénium : au moins, nous avons trouvé, le C. Mendez et moi, parmi les minerais de Tasco, du *bi-séléniure d'argent* en petites tables hexagones, avec les bords et les angles arrondis, comme si elles avaient été fondues ; elles étaient de couleur gris de plomb et très-ductiles, comme on peut le voir dans notre journal nommé le *Soleil,* n° 102, du 24 septembre 1823. On atteindrait mieux son but en traitant l'alliage avec du sulfure d'antimoine, à cause de la plus grande affinité du rhodium avec le soufre : c'est assurément le moyen dont s'est servi celui qui en purifia une certaine quantité, l'année dernière, pour 1800 piastres, en couvrant son procédé d'un grand secret, comme si ce siècle était celui des mystères, ou que les Mexicains ressemblassent aux habitans d'Otaïti.

Cette analyse ne fait que trop voir le mauvais état de notre laboratoire de Mexico, après avoir été pendant trente ans sous la direction d'un chimiste aussi distingué que M. Elhuyar, qui découvrit le wolfram et le cérium. Il est vrai que sous l'ancien Gouvernement, ce savant se vit forcé de devenir un homme d'affaires : c'était sans doute malgré lui ; car il est impossible que celui qui a pris une fois du goût pour les sciences puisse jamais les abandonner.

Mexico, le 9 décembre 1824.

Recherches sur l'Urane.

Par Mr A. Arfwedson.

(*An of Phys.* 1824.)

L'urane, sous forme d'oxide, se trouve quelquefois assez pur à l'état natif, comme, par exemple, dans l'ocre d'urane et l'urane micacé; mais la rareté de ces minéraux a empêché qu'on les employât à préparer l'oxide d'urane en quantité un peu considérable. Les chimistes ont donc, dans leurs recherches sur ce métal, été obligés d'employer le minéral plus abondant connu sous le nom de *mine de poix* (*pechblende*), dans lequel se trouve également l'oxide d'urane, mêlé avec différens autres corps dont il est difficile de le séparer.

Klaproth trouva que la pechblende de Joachimsthal en Bohême contenait, avec le protoxide d'urane, de la silice, de l'oxide de fer et du sulfure de plomb. Il en retira le protoxide d'urane de la manière suivante : il pulvérisa le minéral et le fit dissoudre dans l'acide nitrique; la silice et le soufre restèrent insolubles; la dissolution fut filtrée; par cristallisation, le plomb s'en sépara sous forme de nitrate, et en poussant l'évaporation plus loin, le nitrate d'urane cristallisa à son tour, et fut en dernier lieu décomposé par la potasse caustique. L'oxide de fer resta dans l'eau-mère.

Voici la manière dont Bucholz prépara son oxide d'urane. La pechblende pulvérisée fut soumise à l'ébullition dans l'acide nitrique tant qu'il resta quelque chose à dissoudre. La dissolution fut évaporée à une tempéra-

ture assez élevée pour qu'il se dégageât des vapeurs de gaz nitreux; et la dessiccation fut continuée pendant un temps considérable, en ayant soin de remuer la matière continuellement. Le sel d'urane fut alors dissous par l'eau, tandis que l'oxide de fer resta insoluble. Bucholz trouva cependant que la dissolution contenait aussi du cuivre et de la chaux qui furent séparés de la manière suivante : la liqueur fut décomposée par l'ammoniaque caustique ajoutée en excès, que l'on fit digérer pendant quelque temps sur le précipité; par ce moyen, le précipité fut débarrassé du cuivre; il fut lavé et chauffé au rouge pour chasser toute l'ammoniaque; après quoi, il fut dissous de nouveau dans l'acide nitrique et précipité par la potasse caustique ajoutée en faible excès. L'oxide d'urane ainsi obtenu conserva sa couleur jaune après avoir été chauffé au rouge, et fut considéré comme débarrassé de la chaux et de la potasse.

D'après les connaissances que nous possédons à présent sur ce sujet, il est aisé de voir que ni Klaproth ni Bucholz n'ont pu obtenir un oxide d'urane parfaitement pur, à cause du grand nombre de substances que renferme accidentellement la pechblende, et dont je donnerai la liste plus bas.

Méthode de préparer l'oxide d'urane pur.

Je m'attendais d'abord à pouvoir obtenir l'oxide d'urane pur sans être obligé de recourir à aucun procédé ennuyeux, au moyen d'une de ses propriétés qui est restée inconnue pendant long-temps, celle de se dissoudre

avec facilité dans le carbonate d'ammoniaque, et d'être précipité de sa dissolution par l'ébullition ; car, s'il était accompagné de cuivre, comme l'oxide d'urane est précipité le premier, on aurait pu laisser tout le cuivre dans la liqueur.

Une portion de pechblende, très-pure en apparence, de Johann-Georgenstadt en Saxe, fut réduite en poudre fine, et on la fit digérer dans l'acide nitrique jusqu'à ce qu'elle fût complètement décomposée. On ajouta ensuite un peu d'acide muriatique dans lequel fut dissoute une portion considérable de la matière jaune de paille, insoluble dans l'acide nitrique. La dissolution filtrée fut sursaturée de carbonate d'ammoniaque en grand excès. Une portion du précipité fut redissoute par le carbonate; mais la plus grande partie resta insoluble. La dissolution ammoniacale fut séparée du précipité et examinée au moyen de procédés que je ne crois pas nécessaire de particulariser ici; et, à mon grand étonnement, je trouvai qu'elle contenait les différentes substances suivantes : de l'oxide d'urane, de l'oxide de cuivre, une portion considérable d'oxide de cobalt, et un peu d'oxide de zinc; et le précipité renfermait, outre tous ces corps, beaucoup d'arsenic mêlé à des oxides de fer et de plomb. Si nous y ajoutons la silice et le soufre non dissous par les acides, nous trouverons que la pechblende ne contient pas moins de neuf substances différentes. Mes recherches pour séparer l'oxide d'urane de tant d'autres corps me firent faire un grand nombre de tentatives infructueuses; mais, à la fin, je réussis à découvrir la méthode suivante, au moyen de laquelle, autant que je puis le croire, le protoxide

d'urane peut être obtenu dans un état de pureté parfaite.

La pechblende, réduite en poudre fine, est dissoute à l'aide d'une douce chaleur dans un mélange d'acide nitrique et d'acide muriatique. Quand la décomposition du minéral est terminée, et que la plus grande partie de l'acide a été chassée, on ajoute un peu d'acide muriatique, après quoi la liqueur doit être étendue d'une grande quantité d'eau. Le soufre, la silice et une portion de la gangue restent insolubles; on fait alors passer un courant d'hydrogène sulfuré à travers la liqueur tant qu'il s'y forme un précipité. Ce précipité est d'abord brun foncé, et consiste en sulfures de cuivre, d'arsenic et de plomb; mais à la fin il devient jaune et consiste uniquement en sulfure d'arsenic. La liqueur, débarrassée du cuivre, du plomb et de l'arsenic, retient encore du fer, du cobalt et un peu de zinc.

On la filtre et on y ajoute un peu d'acide nitrique pour peroxider le fer; par ce moyen, la faible couleur verte de la liqueur passe au jaune. On y verse alors du carbonate d'ammoniaque en excès, qui s'empare de l'oxide d'urane mêlé aux oxides de cobalt et de zinc, et qui laisse non dissoute une grande quantité d'oxide de fer. Si la dissolution contenait des terres, ce qui n'arriva point dans mes expériences, ces terres seraient séparées avec l'oxide de fer. On filtre ensuite la dissolution, et on la fait bouillir tant qu'il se vaporise du carbonate d'ammoniaque. Une portion de l'oxide de cobalt reste dans la dissolution, qui acquiert une faible couleur rougeâtre; mais une autre portion de cet oxide

se précipite en même temps que l'oxide d'urane, ainsi que l'oxide de zinc. Le précipité est recueilli sur un filtre, lavé et séché, puis chauffé au rouge : par là, il perd sa couleur jaune et en prend une d'un vert foncé. Dans cet état, on le fait macérer pendant quelque temps dans de l'acide muriatique étendu, qui dissout les oxides de cobalt et de zinc avec une petite portion de peroxide d'urane qui était probablement unie aux deux bases comme acide. Le protoxide d'urane pur reste insoluble. En précipitant la dissolution muriatique par de l'ammoniaque caustique en excès, l'on obtient de l'oxide d'urane combiné avec les oxides de cobalt et de zinc. Sur 38 $\frac{1}{2}$ parties de pechblende traitées de cette manière, j'ai obtenu environ 25 parties de protoxide d'urane. Ce résultat donne donc à-peu-près 65 pour 100 ; ce qui est 15 parties de moins que la quantité déterminée par Klaproth.

Urane métallique et Protoxide d'urane.

Les expériences faites jusqu'à présent pour obtenir l'urane sous forme métallique l'ont toujours été dans des creusets de charbon avec ou sans additions. Il est par conséquent probable, lors même que l'oxide d'urane sur lequel on opérait aurait été entièrement pur, que le métal obtenu contenait du charbon ou quelque autre substance provenant des flux employés à la réduction. Dans ce cas, les propriétés du produit pourraient différer matériellement de celles du métal pur. Heureusement les chimistes ont découvert une méthode pour éviter ces inconvéniens dans la réduction des métaux ; car on sait aujourdui que plusieurs oxides métalliques

peuvent être séparés de l'oxigène au moyen du gaz hydrogène. Je résolus donc de tenter si l'oxide d'urane ne pourrait point être amené à l'état métallique par cette méthode. Si je réussissais, j'obtenais naturellement la proportion d'oxigène de l'oxide déterminée avec toute l'exactitude nécessaire.

L'appareil employé dans ce procédé fut un bout de tube de baromètre ordinaire, soufflé en une petite boule vers le milieu de la longueur. Le tube fut d'abord pesé, ensuite une portion de protoxide d'urane réduit en poudre fine et chauffé au rouge fut introduite dans la partie du tube en forme de boule. Avant de déterminer le poids de cette poudre, le verre fut chauffé sur une lampe à esprit-de-vin, afin de chasser toute l'humidité qui aurait pu être adhérente, et cette humidité fut tirée hors du tube en suçant avec la bouche. Le tube fut alors placé à la suite d'un appareil dans lequel le gaz hydrogène se dégageait d'un mélange de zinc et d'acide sulfurique étendu. Afin de dessécher ce gaz, on le fit d'abord passer au travers d'un tube rempli de muriate de chaux fondu. Il entra ensuite dans le tube renfermant le protoxide d'urane, et dès qu'il en eut chassé l'air atmosphérique, le protoxide fut soumis à l'action du feu au moyen d'une lampe à esprit-de-vin d'Argand. La réduction eut lieu immédiatement et avec tant de violence que la matière devint rouge. Il y eut de l'eau de produite, et à la fin de l'opération, qui ne dura que quelques minutes, le protoxide vert se trouva transformé en une poudre d'un brun obscur. 1,187 parties de protoxide d'urane ont perdu, dans une expérience, 0,042 parties; ce qui équivaut à 3,53 pour 100. Dans une autre expé-

rience, 1,468 perdirent 0,052, ou 3,54 pour 100. L'expérience fut encore répétée une fois dans un tube de porcelaine qui fut chauffé au blanc; mais le produit fut la même poudre brune.

Cette substance n'éprouve aucune altération à la température ordinaire de l'atmosphère; mais quand elle est portée jusqu'au rouge naissant, elle prend feu, se gonfle et se convertit en oxide vert. Elle est insoluble dans les acides sulfurique et muriatique concentrés ou étendus; mais elle se dissout facilement dans l'acide nitrique avec dégagement de gaz nitreux, et la dissolution a une couleur jaune citron. Il est extrêmement probable que, par ce traitement, le protoxide d'urane est réduit à l'état métallique; mais il est possible aussi que je ne l'aie ramené qu'à un moindre degré d'oxidation.

Cependant, pour déterminer la composition de l'oxide jaune d'urane, j'entrepris quelques expériences au moyen desquelles je m'attendais à jeter quelque lumière sur la question de savoir si la substance précédente devait être considérée comme un métal ou non. Si j'eusse pu préparer un sel neutre avec du peroxide d'urane et de l'acide sulfurique ou muriatique, j'aurais eu un moyen facile de déterminer la quantité d'oxigène de l'oxide par l'analyse du sel; mais aucun de ces deux sels ne put être obtenu sous forme de cristaux; car, en faisant évaporer les dissolutions, j'obtins en dernier lieu un sirop épais qui, en poussant plus loin l'évaporation, devint d'un jaune grisâtre par la formation de protoxide d'urane. D'un autre côté, quand j'ajoutai du permuriate

d'urane à une portion de muriate de potasse, l'évaporation de la liqueur fit déposer un sel double qui se sépara en petits cristaux jaune-citron. Puisque le gaz hydrogène réduit le protoxide d'urane avec tant de facilité, il était probable qu'il réduirait aussi ce sel double, et que son analyse pourrait se faire parfaitement par la méthode que Berzelius a suivie pour l'analyse du muriate de potasse et de platine ; car le muriate de potasse et d'urane peut être privé d'eau sans la moindre difficulté, parce que ce sel peut être exposé à une chaleur rouge modérée sans éprouver de décomposition.

L'expérience fut conduite d'abord dans un appareil semblable à celui qui a été décrit plus haut. Dès que le gaz hydrogène commença à passer, et que le sel devint chaud, il se fondit et se boursouffla, il se dégagea de l'acide muriatique, et la masse devint opaque et d'une couleur sombre. Quoique l'expérience fût continuée pendant près de deux heures, et que la chaleur de la lampe d'Argand fût élevée au plus haut degré d'intensité possible, des vapeurs d'acide muriatique continuaient encore à passer, preuve que le sel n'était pas complètement décomposé. On laissa refroidir le tout ; la matière fut retirée par l'eau qui dissolvit le muriate de potasse avec une bonne portion de sel d'urane, d'une légère couleur verte. Le résidu insoluble était une poudre noire cristallisée, possédant l'éclat métallique. Ce résidu fut lavé et séché sur du papier.

Supposant que, dans cette expérience, la chaleur avait été trop faible, et que le sel, exposé à une température

plus élevée, eût pu être décomposé plus complétement, on la répéta de nouveau, avec cette différence que le sel fut mis dans un appareil susceptible d'être chauffé plus fortement dans un petit fourneau alimenté avec du charbon. La chaleur appliquée fut si forte que le verre fut presque fondu : cependant le sel ne fut pas complètement décomposé. Après qu'on l'eut lavé avec de l'eau, il resta la même matière cristalline que dans l'expérience précédente, mais d'un aspect métallique encore plus prononcé, parce que le sel avait été employé en plus grande quantité, et pour cette raison aussi les cristaux étaient plus grands et plus distincts. La forme de ces cristaux, vus au microscope, était un octaèdre à très-peu près régulier, dont les faces présentaient un très-grand éclat métallique. Quelques-uns d'entre eux étaient légèrement transparens sur les bords, et d'une couleur brun-rougeâtre ; et cette couleur resta la même lorsque les cristaux eurent été réduits en poudre. Ces cristaux n'éprouvèrent point d'altération par le contact de l'atmosphère ; mais après avoir été chauffés, ils se réduisirent en poudre, augmentèrent de volume, et se convertirent en protoxide vert, qui, traité par les acides, présenta absolument les mêmes caractères que les produits du protoxide réduit.

Il est difficile de croire que dans cette expérience on eût pu obtenir un corps oxidé, surtout si le sel double employé est considéré d'après la nouvelle théorie de la nature de l'acide muriatique, suivant laquelle cet acide ne renferme pas d'oxigène. Toutes ces considérations mènent à la conclusion que le corps cristallisé obtenu était de l'urane métallique. 0,636 par-

ties de ce corps furent chauffées dans un vase de platine et converties en oxide vert. L'augmentation de poids fut de 0,0235 : donc 100 parties du métal s'étaient combinées avec 3,695 parties d'oxigène. Pour être plus sûr de l'exactitude de ce résultat, l'oxide fut dissous dans l'acide nitrique; la dissolution fut évaporée à siccité et exposée à une chaleur rouge; mais ce traitement ne produisit pas le moindre changement dans son poids.

L'expérience fut répétée sur 1,006 grammes de métal, qui augmentèrent en poids de 0,0375 grammes; ce qui donne 3,73 d'oxigène pour 100.

Ces deux expériences, s'accordant parfaitement l'une avec l'autre, montrent clairement que la substance brune obtenue en réduisant le protoxide d'urane au moyen du gaz hydrogène, doit être également à l'état métallique. 100 parties de protoxide perdirent 3,53 à 3,54 de leur poids, laissant un résidu qui s'élevait à 96,47 ou 96,46. Mais 96,46 : 3,54 :: 100 : 3,67, perte qui correspond parfaitement à l'augmentation du poids du métal chauffé au rouge. On a déjà remarqué que le métal obtenu en réduisant le protoxide au moyen du gaz hydrogène a une couleur brune sombre; tandis qu'au contraire la poudre du produit cristallisé est d'un brun rougeâtre; mais ceci n'est peut-être dû à d'autre cause qu'à la différence de finesse des deux poudres.

Si l'on compare le résultat de la réduction du protoxide avec celui que donne la combustion du métal, 100 parties de protoxide d'urane sont composées, terme moyen, de

Urane,	96,443;
Oxigène,	3,557.
	100,000.

et 100 parties d'urane se combinent avec 3,688 parties d'oxigène.

Le protoxide d'urane obtenu du percarbonate est une poudre d'un vert sale. Si l'on décompose un sel d'urane par l'ammoniaque caustique, et que le précipité soit chauffé au rouge, le protoxide est obtenu sous forme d'une masse métallique noire, dont les particules adhèrent l'une à l'autre. Cette masse est excessivement dure, et n'est pas réduite en poudre sans difficulté. La poudre a la couleur verte ordinaire du protoxide d'urane. Le protoxide d'urane, après avoir été chauffé au rouge, se dissout très-lentement dans l'acide muriatique ou dans l'acide sulfurique étendus. Les acides concentrés le dissolvent mieux, et quand on le fait bouillir dans l'acide sulfurique concentré, il se dissout complètement; on obtient une masse saline légèrement colorée en vert, qui se dissout dans l'eau et la colore en vert-bouteille foncé. Si cette dissolution est précipitée par l'ammoniaque caustique, le protoxide se sépare à l'état d'hydrate en flocons bruns tournant au pourpre. Si on lave ces flocons, qu'on les sèche à la température de 100°, et qu'ensuite on les chauffe dans un tube de verre, ils laissent dégager de l'eau, et deviennent verts. En général, une portion de l'hydrate se convertit en peroxide, et devient jaune avant d'être desséchée complètement, et si cet hydrate était

précipité par l'ammoniaque en grand excès, ou s'il était lavé dans l'eau chaude, on pourrait, en général, s'attendre, dans les deux cas, à trouver, après le dessèchement, la totalité à l'état de peroxide renfermant de l'ammoniaque. Le carbonate d'ammoniaque donne un précipité d'un vert léger de protocarbonate d'urane, qui se redissout si le précipitant est ajouté en excès. Si le précipité est chauffé dans l'ammoniaque, on obtient du protoxide d'urane purgé d'acide carbonique. Le protoxide hydraté se dissout très-aisément dans les acides, s'il est récent; mais si on le fait digérer dans l'eau pendant une heure, l'eau combinée chimiquement se dégage, la matière se prend en une poudre pesante, d'un petit volume, et n'est ensuite attaquée par les acides qu'avec beaucoup de difficulté.

Oxide jaune d'urane.

Le peroxide d'urane a la propriété bien connue de jouer quelquefois le rôle d'acide, et d'autres fois le rôle de base; et telle est sa tendance à entrer en combinaison avec les autres corps oxidés, que je doute de la possibilité de l'obtenir isolé. Par exemple, si l'on précipite une dissolution de cet oxide dans l'acide muriatique ou l'acide nitrique au moyen de l'ammoniaque caustique, le précipité est une combinaison chimique de peroxide d'urane, d'eau et d'ammoniaque, et ce dernier corps ne peut être séparé par le lavage. On obtient absolument le même résultat quand on précipite le peroxide au moyen de la potasse caustique. L'uraniate hydraté d'ammoniaque peut être chauffé jusqu'à 100° ou un peu

plus, sans éprouver de décomposition. Quand il est soumis à une température plus élevée, il laisse dégager de l'eau, du gaz azote et de l'ammoniaque, et l'on a un résidu de protoxide d'urane. Si l'on cherche, d'un autre côté, à chauffer le pernitrate d'urane afin de dégager l'acide, la décomposition du sel ne cesse point avant que toute la masse ne soit convertie en protoxide, et ce résultat a lieu de quelque manière que l'on règle la température.

D'après la petite quantité d'oxigène du protoxide d'urane, il était de la plus haute importance, pour la détermination de la quantité d'oxigène du peroxide, d'employer une méthode qui ne laissât aucune incertitude. Je pensai que j'arriverais à une semblable méthode en combinant le peroxide d'urane avec une base dont la proportion d'oxigène serait exactement connue, et en dépouillant ensuite les deux substances de leur oxigène au moyen du gaz hydrogène. Connaissant les proportions de peroxide d'urane et de base, et la proportion d'oxigène de la base, on aurait eu l'oxigène du peroxide. Pour me mettre à même d'employer une semblable méthode, j'entrepris quelques expériences préliminaires, par lesquelles je trouvai que lorsqu'à une dissolution de peroxide d'urane dans l'acide muriatique on ajoute un muriate terreux ou métallique, et qu'on ajoute de l'ammoniaque caustique au mélange, dans tous ces cas le peroxide d'urane est précipité en combinaison avec la terre ou l'oxide métallique sous forme d'un uraniate, lors même que la base est formée d'une substance qui, à l'état isolé, n'est pas précipitée par l'ammoniaque, telle, par exemple, que la chaux ou la

baryte, et on peut obtenir de cette manière toute une série d'uraniates, qui cependant ne ressemblent point aux autres sels par leur composition, comme on le verra plus particulièrement ci-après. Quand le peroxide d'urane est uni à une base capable de résister au feu, il peut supporter une haute température sans perdre de son oxigène. Quant, au contraire, j'examinais un uraniate dont la base était aisément réductible, et dont la composition était connue d'abord, je commençais par réduire le sel au moyen du gaz hydrogène; ce qui me donnait la quantité d'oxigène contenue dans les deux oxides : déterminant alors la quantité d'oxigène de la base, j'avais celle du peroxide d'urane; j'employai pour cet objet l'uraniate de plomb comme le plus convenable à ce genre de recherches.

Analyse de l'Uraniate de plomb.

Voici la manière dont le sel fut préparé : des dissolutions de pernitrate d'urane et de nitrate de plomb furent mêlées ensemble et précipitées par l'ammoniaque caustique. Le précipité ainsi obtenu fut lavé et exposé à une chaleur rouge. Il contenait probablement un excès d'oxide de plomb sous forme de sous-nitrate, parce que le nitrate de plomb avait été ajouté en excès considérable; mais cette circonstance était de peu d'importance. Le composé précipité, après avoir été chauffé au rouge et pulvérisé, avait une couleur brun-cannelle, et donna dans l'acide muriatique une dissolution tout-à-fait jaune-citron, preuve que le peroxide d'urane n'avait rien perdu de son oxigène.

1,969 grammes d'uraniate de plomb furent réduits, au moyen du gaz hydrogène, de la même manière que j'ai décrite pour le protoxide d'urane. Dès que l'uraniate commença à rougir, il laissa dégager beaucoup d'eau, et quand le dégagement cessa, on arrêta l'opération. Le produit consista en une poudre d'un brun foncé, qui pesa 0,127 de moins que l'uraniate de plomb. Mais cette différence ne put point se déterminer avec exactitude, parce que, tandis qu'on le pesait, l'appareil augmentait continuellement en poids. En même temps la masse réduite s'échauffa, et, jetée sur du papier, elle prit feu et devint tout entière dans un état d'ignition, laissant pour résidu de l'uraniate de plomb.

Ce singulier phénomène, dû probablement à la rapidité avec laquelle l'alliage d'urane et de plomb absorbe l'oxigène, était d'autant moins attendu que ces métaux, dans un état d'isolement, n'éprouvent aucun changement à la température ordinaire de l'atmosphère. Peut-être, dans ce cas, s'était-il produit entre ces métaux une action électro-chimique qui détermina leur combustion. Jusque là on ne pouvait tirer aucune conclusion rigoureuse par rapport à la quantité d'oxigène que contenaient les deux oxides. L'expérience fut donc répétée, avec cette modification que l'eau fut recueillie dans un récipient rempli de muriate de chaux fondu, que l'on avait pesé exactement auparavant afin de déterminer le poids du liquide.

Sur 2,3 grammes d'uraniate de plomb, qu'on avait commencé par chauffer au rouge, on obtint de cette manière 0,164 grammes d'eau; ce qui équivaut à

0,1459 d'oxigène ; l'oxigène de l'eau étant évalué à 88,94 pour cent, d'après les expériences de Berzelius et de Dulong.

0,628 grammes d'uraniate de plomb préparés en une seule fois furent dissous dans l'acide nitrique. La dissolution fut mêlée avec de l'acide sulfurique en quantité suffisante pour saturer l'oxide de plomb, et ensuite évaporée presque à siccité. Je trouvai qu'il était nécessaire de dissoudre l'uraniate de plomb dans l'acide nitrique en premier lieu ; car si on le décompose directement par l'acide sulfurique, il est impossible d'obtenir le sulfate de plomb blanc et tout-à-fait purgé d'oxide d'urane. On fit digérer la masse dans l'alcool, qui s'empara du sulfate d'urane et laissa insoluble le sulfate de plomb. Ce dernier sel fut recueilli sur un filtre et lavé avec de l'alcool. Après avoir été chauffé au rouge, il pesait 0,485 grammes, qui correspondent à 0,357 de protoxide de plomb. Le reste des 0,628, s'élevant à 0,271, était du peroxide d'urane. Il paraît donc que 2,3 d'uraniate de plomb consistent en 1,307 de protoxide de plomb et en 0,993 de peroxide d'urane. L'oxigène du premier de ces composans est 0,0937 ; mais les oxides de plomb et d'urane avaient perdu ensemble 0,1459 d'oxigène ; par conséquent 0,0522 d'oxigène doivent avoir appartenu au peroxide d'urane. Il s'ensuit donc, pour dernier résultat, que 100 parties de peroxide d'urane contiennent 5,252 d'oxigène.

L'expérience fut répétée avec de l'uraniate de plomb d'une autre préparation, parce que tout ce que nous avions de la première était épuisé.

1,26 grammes réduits au moyen du gaz hydrogène

donnèrent 0,0785 d'eau, correspondant à 0,0698 d'oxigène; 1,258 grammes du sel, décomposés par l'acide sulfurique, furent trouvés composés de 0,173 de protoxide de plomb et de 1,085 de peroxide d'urane. 1,26 grammes de l'uraniate consistent donc en 0,1733 de protoxide de plomb et en 1,0867 de peroxide d'urane, qui, pris ensemble, contiennent 0,0698 d'oxigène; mais 0,1733 de protoxide de plomb contiennent 0,0124 d'oxigène; il paraît donc que l'oxigène de 1,0867 de peroxide d'urane est 0,0574; et que 100 parties de peroxide d'urane contiennent par conséquent 5,282 d'oxigène. L'expérience précédente a donné 5,252; la moyenne de ces deux quantités est 5,267. Il s'ensuit que 100 parties d'urane doivent, pour passer à l'état de peroxide, se combiner avec 5,559 d'oxigène.

Mais afin que ce résultat ne reposât pas sur une seule suite d'expériences, je résolus d'analyser aussi l'uraniate de baryte.

Uraniate de baryte.

Voici la manière dont il fut préparé : on fit bouillir une dissolution de permuriate d'urane et une autre de muriate de baryte; on en fit un mélange qui fut précipité par l'ammoniaque caustique. Le précipité fut recueilli sur un filtre et lavé à la hâte avec de l'eau qui avait été portée à l'ébullition quelques instans auparavant, afin d'empêcher aucun mélange de carbonate de baryte. L'uraniate de baryte, après avoir été séché et chauffé au rouge, avait une belle couleur jaune, qui passa au jaune citron quand il eut été réduit en poudre.

1,343 grammes d'uraniate de baryte furent chauffés au rouge et dissous dans l'acide nitrique. Décomposés par l'acide sulfurique, ils donnèrent 0,295 grammes de sulfate de baryte ou 0,194 de baryte. La dissolution, qui contenait le peroxide d'urane, fut évaporée à siccité, et le sel desséché fut chauffé jusqu'à décomposition dans un creuset de platine : pour cela il fallut une chaleur forte et continuée long-temps afin de chasser la dernière portion d'acide sulfurique. Le résidu était du protoxide d'urane pesant 1,121. Quand ce résidu fut dissous dans l'acide nitrique, aucun trouble dans la liqueur n'indiqua la présence du sulfate de baryte : 1,343 d'uraniate de baryte avaient ainsi donné 0,194 de baryte et 1,121 de protoxide d'urane, faisant ensemble 1,315. La perte, s'élevant à 0,028, doit être la différence entre la quantité d'oxigène du protoxide et celle du peroxide d'urane ; mais 1,121 : 0,028 :: 100 : 2,5 ; par conséquent 100 de protoxide d'urane doivent, pour passer à l'état de peroxide, se combiner avec 2,5 d'oxigène.

1,456 grammes d'uraniate de baryte d'une autre préparation donnèrent 0,344 de sulfate de baryte (correspondant à 0,239 de baryte) et 1,186 de protoxide d'urane. L'oxigène perdu dans cette expérience est 0,031, et la quantité de protoxide 1,186. Cette quantité d'oxigène s'élève pour 100 parties à 2,61. La moyenne entre 2,50 et 2,61 est 2,55 ; ainsi 100 parties de peroxide d'urane devraient, d'après ces expériences, contenir 5,96 d'oxigène, et 100 parties de métal se combiner à 6,34 d'oxigène pour passer à l'état de peroxide.

Quoique l'uraniate de baryte eût été formé, dans les

deux cas, de la même manière, et de telle sorte que la liqueur qui servait à le préparer contînt toujours une quantité d'ammoniaque en excès, et quoique, dans les deux cas, il restât dans la liqueur une certaine quantité de muriate de baryte non précipité, cependant l'on remarque que l'uraniate de baryte préparé le premier renfermait une proportion de base considérablement plus faible que le second. Il est possible que le peroxide d'urane, étant un acide faible, éprouve quelque modification dans sa capacité de saturation, suivant que le muriate de baryte se trouve en plus ou moins grande proportion relativement au muriate d'urane.

Analyse du Sulfate d'urane et de potasse.

Ce sel double, étant moins soluble dans l'eau que le muriate d'urane et de potasse, cristallise plus promptement, et peut par la cristallisation être complètement privé de tout excès de sulfate de potasse. Cette raison me fit considérer ce sel double comme plus propre à l'analyse que le muriate.

Le sulfate de potasse et d'urane s'obtient en faisant évaporer une dissolution de sulfate d'urane à laquelle on a ajouté du sulfate de potasse. Il forme une masse confusément cristallisée, d'une couleur jaune-citron extrêmement belle. Quand on le chauffe, il laisse dégager de l'eau d'abord, et quand on augmente la chaleur, il se fond et coule sous forme liquide. Le sel fondu est d'un jaune grisâtre, et a probablement éprouvé une décomposition partielle, quoiqu'il donne

dans l'eau une dissolution tout-à-fait jaune-citron; mais si on ne le fait chauffer que jusqu'à commencement de fusion, il conserve complètement sa couleur jaune.

Une dissolution contenant 2,172 grammes de sulfate de potasse et d'urane cristallisé et anhydre fut précipitée par le muriate de baryte. Le sulfate de baryte, après avoir été séparé, lavé et chauffé au rouge, pesa 1,814 grammes, correspondant à 0,623 d'acide sulfurique. La liqueur filtrée fut saturée avec de l'ammoniaque caustique, qui précipita l'uraniate de baryte. Il fut recueilli sur le filtre et pesé. Le résidu liquide fut mêlé avec une quantité d'acide sulfurique suffisante pour séparer la baryte qui aurait pu y rester, et pour obtenir en dernier résultat un sulfate de potasse tout-à-fait purgé d'acide muriatique. Toute la liqueur fut ensuite évaporée à siccité. Le sel desséché fut chauffé au rouge dans un creuset de platine. Les sels ammoniacaux se volatilisèrent, et il resta du sulfate de potasse qui fut neutralisé par les vapeurs de carbonate d'ammoniaque. Il pesa 0,533 grammes, correspondant à 0,288 grammes de potasse. Le sel se dissolvit dans l'eau sans résidu, et la dissolution ne fut troublée ni par l'ammoniaque ni par le nitrate d'argent; preuve qu'elle ne renfermait ni oxide d'urane ni acide muriatique. Les quantités d'acide sulfurique et de potasse furent ainsi déterminées; ce qui manque pour compléter la quantité première de sel employé doit être du peroxide d'urane. Il s'ensuit que les composans du sel double doivent être :

Acide sulfurique,	0,623;
Potasse,	0,288;
Peroxide d'urane,	1,261;
	2,172;

ou pour 100 parties,

Acide sulfurique,	28,68;
Potasse,	13,26;
Peroxide d'urane,	58,06.
	100,00.

13,26 de potasse sont saturés par 11,26 d'acide sulfurique. Il reste 17,42 d'acide qui appartiennent aux 58,06 de peroxide d'urane; mais 17,42 d'acide sulfurique saturent une quantité de base qui renferme 3,477 d'oxigène; 100 parties de peroxide d'urane contiennent par conséquent 5,99 d'oxigène; et 100 parties du métal, pour se peroxider, se combinent à 6,37 d'oxigène.

L'oxigène de la potasse est à celui du peroxide d'urane comme 2 est à 3; car l'oxigène de 13,26 de potasse est 2,248, et celui de 58,06 de peroxide d'urane est 3,477. Maintenant 2,248 : 3,477 :: 100 : 154,7.

Si nous rassemblons les résultats des expériences qui ont eu pour but de déterminer la quantité d'oxigène du peroxide, nous trouverons que

100 parties d'urane absorbent, d'après l'analyse,

	Oxigène.
De l'uraniate de plomb,	5,559;
De l'uraniate de baryte,	6,340;
Du sulfate de potasse et d'urane,	6,370.

Le nombre 5,559 est à-peu-près à l'oxigène du protoxide dans le rapport de 3 à 2; car, dans le protoxide, 100 parties d'urane se combinent à 3,688 parties d'oxigène, qui, multipliées par $1 \frac{1}{2} = 5,532$; mais les deux derniers nombres se trouvent entre $1 \frac{1}{2} \times 3,688$ et $2 \times 3,688$. Il est difficile de déterminer lequel de ces nombres approche le plus de la vérité. Les deux derniers, quoique obtenus par des procédés différens, s'accordent d'une manière remarquable, et ont par conséquent quelque droit à être regardés comme exacts. Mais, d'un autre côté, il est clair que les expériences faites avec l'uraniate de plomb devraient être plus rigoureuses; parce que la méthode analytique suivie relativement à cet uraniate nous met à même d'obtenir un plus haut degré d'exactitude que par les deux expériences suivantes. Je dois cependant avouer que ces expériences ne nous donnent point la connaissance de la composition des oxides d'urane avec le degré d'exactitude que les chimistes sont en droit d'exiger. On peut regarder comme très-probable que la quantité d'oxigène du peroxide d'urane est une fois et demie aussi grande que celle du protoxide; à moins qu'on n'accorde une entière confiance à la dernière composition telle qu'elle a été trouvée; mais on a peu de raison de tirer cette dernière conclusion, parce que l'oxidation du métal et la réduction du protoxide donnent la même composition de l'oxide.

D'après les expériences de M. Schonberg (1), l'oxi-

---

(1) *De Conjunctione Chemicâ ejusque rationibus*. Upsaliæ, 1813.

gène du protoxide est à celui du peroxide dans le rapport de 2 à 3; car il a trouvé que le protoxide contient 6 d'oxigène pour 100, et que le peroxide en contient 8,73. L'oxigène du protoxide a été déterminé par l'analyse du protomuriate d'urane; et la composition du peroxide l'a été par la perte en poids qu'il éprouve quand on le fait chauffer au rouge pour le convertir en protoxide. Mais il paraît, d'après mes expériences, que le protomuriate ne peut jamais être obtenu neutre et purgé de peroxide sans éprouver un commencement de décomposition. Il est donc probable que les expériences de M. Schonberg ont été faites sur un sel contenant un excès d'acide. Il est clair alors qu'il doit avoir porté trop haut la quantité d'oxigène contenu dans la base. Le peroxide employé à sa seconde détermination fut obtenu par la décomposition du pernitrate d'urane au moyen de la chaleur; mais ce mode d'expériences ne peut point être décisif, parce que, d'après ce que nous avons établi, il est évidemment impossible de chasser complètement l'acide nitrique de ce sel sans convertir une partie de la base en protoxide.

100 parties d'urane se combinent à 3,688 d'oxigène pour former le protoxide. Si, comme il est probable, cette quantité représente deux atomes d'oxigène, alors l'atome d'urane pésera 5422,99.

Le peroxide d'urane, précipité par un alcali caustique, est insoluble dans un excès de la substance précipitante, et contient toujours un peu d'alcali qui ne peut être séparé par le lavage, mais qu'on retrouve dans l'eau avec un sel terreux ou métallique, quand le peroxide d'urane est précipité en combinaison avec une terre ou avec un

oxide métallique. Le peroxide d'urane est aisément soluble dans les carbonates alcalins, et en particulier dans le carbonate d'ammoniaque. La dissolution a une forte couleur citron, et une très-petite quantité de peroxide d'urane est capable de donner cette couleur à l'eau. Par l'ébullition, le peroxide d'urane se précipite sous forme de poudre d'un jaune pâle, qui contient de l'acide carbonique, et même de l'ammoniaque. On ne peut cependant pas se flatter d'obtenir ainsi tout l'oxide, parce que, quelque pur qu'il soit, il en reste toujours un peu dans l'eau, et que lorsque l'oxide carbonaté est placé sur un filtre et lavé, l'eau employée au lavage, surtout vers la fin, entraîne une certaine quantité d'oxide en dissolution; cet oxide se précipite de nouveau quand la liqueur vient à être mêlée avec une dissolution saline. Le peroxide précipité par l'ammoniaque caustique se comporte précisément de la même manière. Cet oxide peut donc être considéré comme légèrement soluble dans l'eau. On empêche cette solubilité en partie, mais pas entièrement, en le lavant avec de l'eau renfermant du sel ammoniac en dissolution. Mais si l'on unit le peroxide d'urane à une terre ou à un oxide métallique, il n'est pas du tout soluble dans l'eau pure.

D'après ce qui a déjà été établi, le peroxide d'urane s'unit aux terres et aux oxides métalliques, et forme des uraniates dans tous les cas où deux dissolutions de ces corps mêlées ensemble sont précipitées par l'ammoniaque caustique. Ces composés peuvent être réduits, au moyen du gaz hydrogène, à l'état d'alliage d'urane et de la base de la terre ou de l'oxide employé, lors même que la base terreuse est la baryte. Ces al-

liages absorbent de nouveau l'oxigène à la température ordinaire de l'atmosphère, et l'oxidation est accompagnée de combustion. Ils constituent donc un genre particulier de pyrophores qui n'est point inférieur à ceux connus jusqu'ici. L'alliage d'urane et de plomb a déjà été mentionné. On obtient un composé analogue quand on réduit l'uraniate de baryte; et l'alliage d'urane et de fer brûle encore mieux qu'aucun des deux autres.

L'urane paraît avoir une très-faible affinité pour le soufre. Le sulfure peut, comme on le sait déjà, être obtenu par la voie humide si l'on précipite une dissolution d'urane par un hydrosulfure alcalin; mais je n'ai point pu parvenir à former le sulfure d'urane par la voie sèche. Quand on fait passer du gaz hydrogène sulfuré sec sur du protoxide d'urane chauffé au rouge, l'oxide est réduit immédiatement; l'eau et le soufre se volatilisent, et il reste un corps semblable sous tous les rapports à l'urane métallique, et qui ne contient que 1,61 pour 100 de soufre

Sels d'urane.

Les protosels d'urane ne se préparent pas aisément à l'état de pureté. Si l'on dissout du protoxide d'urane dans de l'acide sulfurique ou muriatique concentré (dissolution qui, dans le second cas, s'effectue très-lentement), la dissolution est d'abord d'un vert-bouteille foncé; mais la couleur devient graduellement plus claire, et passe à la fin au jaune grisâtre par la formation du peroxide. La dissolution d'acide sulfurique laisse déposer par l'évaporation une masse d'un vert léger, cristallisée confusément, qui contient un mélange de pro-

toxide et de peroxide d'urane. La dissolution d'acide muriatique peut être évaporée à siccité, sans qu'il se dépose de cristaux.

Sels de peroxide.

Le persulfate d'urane se forme quand on ajoute de l'acide nitrique à une dissolution de protosulfate d'urane. Par cette addition, la couleur verte passe promptement au jaune, même sans l'aide de la chaleur.

Le sel ne cristallise pas, lors même que l'évaporation a réduit la liqueur en consistance de sirop. Si l'on continue à chauffer après que le sel a été desséché, l'oxide perd une portion de son oxigène, et la masse acquiert une couleur jaune grisâtre.

Le pernitrate d'urane se forme quand on fait dissoudre le protoxide dans l'acide nitrique. La dissolution s'opère avec rapidité, surtout si elle est favorisée par la chaleur. Il se dégage du gaz nitreux, et l'on obtient une liqueur jaune qui, par l'évaporation, donne naissance à de longs cristaux prismatiques d'une belle couleur jaune. Le sel se dissout aisément dans l'eau, et se décompose à une température comparativement peu élevée. Il se dégage du gaz oxigène, et il se forme du pernitrite d'urane. Quand on porte le pernitrite précisément au degré de la chaleur rouge, il se décompose complètement; l'acide nitreux est chassé, et le protoxide d'urane reste pur.

Le permuriate d'urane se forme de la même manière que le persulfate. Il ne cristallise pas, même quand l'évaporation a réduit la liqueur en consistance sirupeuse. Le sel desséché est très-déliquescent.

Le percarbonate d'urane a déjà été décrit.

Sels doubles.

Le peroxide d'urane paraît posséder une grande tendance à former des sels doubles, en se combinant avec d'autres bases. On a vu qu'une dissolution de persulfate ou de permuriate d'urane ne cristallise point; mais si l'on ajoute à la dissolution une portion de sulfate ou de muriate de potasse, on obtient, par l'évaporation, un sel d'urane combiné au sel alcalin à l'état cristallin.

Le persulfate de potasse et d'urane forme une masse granulaire cristallisée, d'une très-belle couleur jaune-citron. Le sel se dissout assez bien dans l'eau. L'alcool le décompose de telle manière que le persulfate d'urane est dissous, et que le sel alcalin reste insoluble. Quand on le fait chauffer, il perd son eau, se fond à une faible chaleur rouge, et commence, à cette température, à éprouver une décomposition, car il acquiert une couleur verte; mais la décomposition est très-peu considérable, puisque, même après avoir été complètement fondu, il se redissout dans l'eau avec une couleur jaune-citron. Avant de commencer à se fondre, il n'éprouve pas la moindre altération. Les composans de ce sel à l'état anhydre ont été donnés plus haut.

Le persulfate d'ammoniaque et d'urane cristallise comme le sel précédent. Il est aisément soluble dans l'eau, et à une température plus élevée, il se décompose, en laissant du protoxide d'urane.

Le permuriate de potasse et d'urane cristallise également, si l'on ajoute une proportion considérable de muriate de potasse à la dissolution du peroxide d'urane dans l'acide muriatique; mais sans cette précaution le sel

double cristallise très-lentement. Il forme de petits cristaux, quelquefois en prismes, quelquefois en grains : ces cristaux sont transparens, jaunes, et ont une forme régulière; mais ils sont mêlés mécaniquement avec du muriate de potasse, dont on peut cependant les séparer tout-à-fait purs; mais ce procédé est très-ennuyeux, parce que les cristaux sont petits. Le muriate de potasse mélangé ne peut point en être séparé par une seconde cristallisation, parce qu'il est précisément aussi soluble dans l'eau que le sel double, et que tous deux cristallisent en même temps. Quand on le chauffe, le sel double laisse dégager de l'eau sans se décomposer. Il se fond quand il commence à rougir, en laissant dégager du chlore; il devient vert et il se décompose quoiqu'en partie seulement.

Je n'ai pas examiné d'autres sels doubles, quoiqu'il soit probable qu'on pourrait en obtenir aisément un plus grand nombre.

Extrait *d'un Mémoire sur la Loi des modifications imprimées à la lumière polarisée par sa réflexion totale dans l'intérieur des corps transparens.*

Par Mr A. Fresnel.

(Lu à l'Institut le 6 janvier 1823.)

Il est remarquable que les phénomènes d'optique les plus anciennement connus, et l'on pourrait dire les plus vulgaires, la réflexion et la réfraction, soient ceux pour

lesquels on est parvenu le plus tard au calcul des intensités de la lumière. Malus a donné une loi très-simple des intensités relatives des deux faisceaux dans lesquels la lumière polarisée se divise en traversant un rhomboïde de spath calcaire ; et en attendant la vérification expérimentale que M. Arago doit faire de cette loi, j'estime qu'on a de fortes raisons de la regarder comme rigoureuse, abstraction faite des petites différences de proportion de lumière réfléchie aux deux faces du rhomboïde selon l'espèce de réfraction que subissent les rayons. On connaît depuis plusieurs années les lois générales des intensités de la lumière dans les phénomènes de la diffraction et de la coloration des lames cristallisées ; quoiqu'elles n'aient guère été vérifiées jusqu'à présent que par des expériences indirectes, la multitude et la variété des faits qui les confirment suffiraient pour prouver leur exactitude, quand la simplicité des principes dont elles découlent ne serait pas déjà une forte présomption en leur faveur.

M. Young a donné le premier l'expression de l'intensité de la lumière réfléchie à la surface des corps transparens, en fonction du rapport des vitesses de propagation ou des longueurs d'ondulation de la lumière en dedans et en dehors du milieu réfléchissant. M. Poisson est arrivé ensuite à la même formule, pour les ondes sonores, par une analyse plus rigoureuse ; mais ces deux savans n'avaient résolu le problème que dans le cas de l'incidence perpendiculaire. J'ai été conduit aux formules générales des intensités de la lumière directe ou polarisée, réfléchie sous toutes les incidences, par l'hypothèse sur la nature des vibrations lumineuses qui m'a

fait découvrir, peu de temps après la véritable loi de la double réfraction, des cristaux à deux axes. Ces formules ont été publiées dans le tome XVII des *Annales de Chimie et de Physique*, pages 194 et 312.

On conçoit que tous les phénomènes qui accompagnent la réflexion et la réfraction doivent être intimement liés entr'eux : aussi ces formules, qui donnent la proportion de lumière réfléchie ou transmise sous une inclinaison quelconque, fournissent-elles encore le moyen de calculer, pour la même incidence, la proportion de lumière polarisée par réflexion et par transmission, ou la déviation du plan de polarisation des rayons incidens, s'ils ont été préalablement polarisés, ainsi que je l'ai montré dans la note citée.

Tant que la réflexion est partielle, soit qu'elle ait lieu à la première ou à la seconde surface du milieu diaphane, elle ne fait éprouver à la lumière incidente qu'une simple déviation de son plan de polarisation, sans altérer d'ailleurs en aucune manière ses propriétés primitives, quel que soit l'azimut de ce plan relativement au plan d'incidence. Mais lorsque la réflexion est totale, les rayons réfléchis éprouvent en général une dépolarisation partielle, surtout si le plan de réflexion est dans un azimut de 45° relativement au plan primitif de polarisation. La lumière ainsi modifiée peut toujours être représentée par la réunion de deux faisceaux polarisés, l'un suivant le plan de réflexion, l'autre suivant une direction perpendiculaire, et différant d'ailleurs, dans leur marche, d'une certaine fraction d'ondulation. Quand cette différence est nulle, la lumière reste complètement polarisée, d'après les règles d'interférence;

c'est ce qui a lieu au commencement de la réflexion totale et à sa seconde limite, c'est-à-dire, quand les rayons incidens deviennent parallèles à la surface ; mais entre ces deux limites il y a toujours entre les deux faisceaux une différence de marche, qui varie avec l'angle d'incidence, et après avoir cru jusqu'à un certain *maximum*, diminue ensuite et redevient nulle lorsque cet angle atteint 90° : l'incidence qui donne ce *maximum*, ainsi que la différence de marche correspondante, varient aussi avec le rapport de réfraction des deux milieux au contact desquels s'opère la réflexion totale. La loi de ces variations me paraissant très-difficile à découvrir, je ne l'avais pas même cherchée, depuis six ans que ces phénomènes m'étaient connus ; ce n'est que tout récemment que je me suis occupé de ce problême, et j'en ai trouvé la solution dans les expressions générales qui représentent les intensités des rayons réfléchis.

Avant d'en déduire la loi dont il s'agit, je commence par présenter dans mon Mémoire un calcul très-simple de ces formules. Il repose sur la loi de Descartes, sur le principe de la conservation des forces vives, et sur cette hypothèse subsidiaire, savoir, que les composantes des vitesses absolues des molécules vibrantes, parallèlement à la surface réfléchissante, ne changent pas de grandeur dans les ondes réfléchies et transmises pendant que celles-ci s'éloignent de la surface (1). Pour

(1) Je suppose toujours, pour simplifier les raisonnemens, que l'onde incidente est plane, ou le point lumineux situé à l'infini, en sorte que les ondes réfléchies ou transmises en s'éloignant de la surface ne changent pas sensiblement de

démontrer rigoureusement que ces formules sont une conséquence nécessaire du genre de vibration que j'attribue aux rayons lumineux, il faudrait d'abord établir l'exactitude de cette hypothèse, et prouver ensuite la justesse de l'application du principe de la conservation des forces vives au cas que je considère, où les deux milieux réfringens ayant la même élasticité ne diffèrent qu'en densité. Je me suis borné à ce cas, parce qu'il paraît résulter de toutes les observations que la réflexion est toujours nulle au contact de deux milieux également réfringens, quelque différence d'élasticité qu'il puisse d'ailleurs y avoir entre eux, et qu'en général les proportions de lumière réfléchie ne dépendent que du rapport de réfraction; en conséquence, pour les calculer, il est indifférent de considérer le ralentissement de la marche de la lumière dans le milieu le plus réfringent comme résultant d'une plus grande densité ou d'une moindre élasticité. Néanmoins il serait très-important d'établir ce principe par les lois de la mécanique. Je me propose, quand j'en aurai le loisir, de reprendre le problème dans toute sa généralité, et de donner, si je puis, une démonstration complète et rigoureuse de ces formules. En attendant, j'ai cru devoir les faire connaître, ainsi que les bases du calcul très-simple qui y conduit, calcul dont elles tireraient déjà un grand degré de probabilité, quand elles ne seraient pas en outre appuyées par plusieurs mesures

---

distance relativement à leur centre d'ondulation, qui est aussi infiniment éloigné, et que, sous ce rapport, il ne doit pas y avoir d'affaiblissement dans les vitesses absolues des molécules vibrantes.

très-précises de M. Arago, et par les observations que j'avais faites sur les déviations du plan de polarisation des rayons réfléchis à la surface extérieure du verre et de l'eau.

Je considère successivement le cas où les rayons incidens sont polarisés suivant le plan de réflexion, et celui où ils sont polarisés perpendiculairement à ce plan, c'est-à-dire, les deux cas dans lesquels les vibrations de ces rayons lui sont perpendiculaires ou parallèles. Si l'on appelle i l'angle d'incidence, i' l'angle de réfraction, et qu'on prenne pour unité le coefficient commun des vitesses absolues dans les ondes incidentes, on trouve que celui des ondes réfléchies est égal, pour le premier cas, à

$$\frac{\sin i \cos i' - \sin i' \cos i}{\sin i \cos i' + \sin i' \cos i} \quad \text{ou} \quad \frac{\sin (i - i')}{\sin (i + i')},$$

et pour le second, à

$$\frac{\sin i \cos i - \sin i' \cos i'}{\sin i \cos i + \sin i' \cos i'} \quad \text{ou} \quad \frac{\operatorname{tang} (i - i')}{\operatorname{tang} (i + i')}.$$

Conséquemment, si l'on prend pour unité l'intensité de la lumière incidente, celle de la lumière réfléchie dans le premier cas sera,

$$\frac{\sin^2 (i - i')}{\sin^2 (i + i')},$$

et dans le second,

$$\frac{\operatorname{tang}^2 (i - i')}{\operatorname{tang}^2 (i + i')}.$$

Je ne m'arrêterai pas à montrer comment ces formules s'accordent avec les expériences de Malus et la loi de

Brewster ; le lecteur y suppléera aisément : il pourra voir aussi, dans la note déjà citée, comment on déduit de ces formules les déviations qu'éprouve le plan de polarisation de la lumière incidente, quand il est oblique au plan de réflexion, les proportions de lumière directe polarisée par réflexion ou par réfraction, et l'expression suivante de l'intensité de la lumière réfléchie, lorsque les rayons n'ont éprouvé aucune polarisation préalable,

$$\frac{1}{2}\frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')}+\frac{1}{2}\frac{\text{tang}^2(i-i')}{\text{tang}^2(i+i')}.$$

Je passe maintenant à l'objet principal du Mémoire, qui est la loi des modifications que la réflexion totale imprime à la lumière polarisée. Lorsque la réflexion a lieu dans l'intérieur d'un corps transparent, situé dans le vide ou dans l'air, ou en contact avec un milieu moins réfringent que lui, si l'on appelle n le nombre fractionnaire qui exprime le rapport des vitesses de la lumière dans les deux milieux, sin i', au lieu d'être égal à

$$\frac{\sin i}{n},$$

est égal à n sin i ; et i' est un angle droit quand $n \sin i = 1$; après quoi son cosinus devient imaginaire ; ce qui fait entrer des imaginaires dans les deux formules rapportées plus haut,

$$\frac{\sin i \cos i' - \sin i' \cos i}{\sin i \cos i' + \sin i' \cos i}, \text{ et } \frac{\sin i \cos i - \sin i' \cos i'}{\sin i \cos i + \sin i' \cos i'},$$

qui expriment les intensités des vibrations des ondes réfléchies, selon que les ondes incidentes sont polarisées parallèlement ou perpendiculairement au plan de réflexion. Cependant il est clair que lorsque n sin i est

plus grand que 1, la totalité de la lumière est réfléchie, d'après le principe de la conservation des forces vives, puisque la transmission des vibrations lumineuses dans le second milieu devient impossible, comme on le démontre aisément à l'aide du principe des interférences, du moins pour un point distant de la surface d'une quantité très-grande relativement à la longueur d'une ondulation. D'un autre côté, si ces formules sont vraies depuis l'incidence perpendiculaire jusqu'à celle où $i' = 90^\circ$, qui les rend l'une et l'autre égales à 1, elles doivent exprimer encore une chose vraie passé cette limite, lorsqu'elles deviennent en partie imaginaires et prennent la forme $a + b\sqrt{-1}$. En interprétant, de la manière qui m'a paru la plus naturelle et la plus probable, ce que l'analyse voulait indiquer par cette forme imaginaire, j'ai trouvé l'expression générale de la différence de marche que la réflexion totale établit entre la lumière polarisée parallèlement au plan d'incidence et celle qui l'est perpendiculairement à ce plan. Sans doute cette expression ne découle pas d'une manière aussi évidente et aussi certaine des formules précédentes que la loi des simples déviations du plan de polarisation des rayons qui n'ont éprouvé qu'une réflexion partielle (1); mais ce qui rend très-probable la justesse de l'interprétation que je donne de ces formules dans le cas de la réflexion totale, c'est que d'abord elle trouve une première vérification dans les formules

(1) Mon but était seulement de découvrir cette loi à l'aide de la théorie, et je ne me suis proposé pour le moment que d'en donner une démonstration expérimentale.

mêmes, et qu'ensuite l'expression qui en dérive s'accorde avec tous les faits que j'avais observés précédemment et avec les expériences nouvelles par lesquelles je viens de la vérifier.

La forme compliquée de l'expression à laquelle je suis ainsi parvenu, par un calcul dont les détails sont exposés dans mon Mémoire, suffit pour faire sentir combien il aurait été difficile de la découvrir par la simple observation des faits. Nommant toujours i l'angle de l'incidence intérieure et n le rapport de réfraction, si l'on représente par une circonférence entière la longueur d'une ondulation lumineuse, la différence de marche, après la réflexion totale, entre les deux faisceaux polarisés, l'un parallèlement, l'autre perpendiculairement au plan d'incidence, a pour cosinus,

$$\frac{2\,n^2 \sin^4 i - (n^2 + 1) \sin^2 i + 1}{(n^2 + 1) \sin^2 i - 1}.$$

Lorsque la lumière incidente est entièrement polarisée suivant le plan de réflexion ou dans une direction perpendiculaire, elle ne donne qu'un système d'ondes qui conserve le même plan de polarisation, et se trouve seulement réfléchi à des profondeurs un peu différentes, selon que son plan de polarisation est parallèle ou perpendiculaire au plan de réflexion. Mais quand les ondes incidentes sont polarisées dans tout autre azimut, on peut alors décomposer leurs mouvemens vibratoires parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence, et les intensités de ces vibrations composantes sont représentées par le sinus et le cosinus de l'angle que le plan de polarisation fait avec le plan d'incidence;

les vibrations composantes perpendiculaires au plan d'incidence ne seront pas réfléchies à la même profondeur que celles qui lui sont parallèles, et l'on pourra calculer leur différence de marche au moyen de la formule ci-dessus : connaissant ainsi les intensités relatives et la différence de marche des deux systèmes d'ondes réfléchies polarisés parallèlement et perpendiculairement au plan de réflexion, il sera facile de déterminer les intensités des images ordinaire et extraordinaire que la lumière totale produira en traversant un rhomboïde de spath calcaire, d'après l'azimut de sa section principale, en suivant une méthode analogue à celle que j'ai donnée pour les lames minces cristallisées.

Si le rapport de réfraction n était le même pour les rayons de diverses couleurs, leurs intensités resteraient égales dans l'image ordinaire comme dans l'image extraordinaire, qui ne présenteraient alors aucune trace de coloration, lorsque la lumière incidente serait blanche; mais n varie un peu avec la nature des rayons, en sorte que leurs intensités ne restent pas rigoureusement égales dans chaque image ; et le calcul fait voir que ces différences d'intensité doivent être d'autant plus sensibles que l'angle d'incidence se rapproche davantage de la limite de la réflexion partielle, qui, comme on sait, répond à des inclinaisons diverses pour les diverses espèces de rayons colorés; tandis que les mêmes différences d'intensité s'affaiblissent rapidement à mesure qu'on s'approche du parallélisme à la surface, c'est-à-dire, de l'autre limite de la réflexion totale, qui est la même pour tous les rayons ; en conséquence, la coloration des images ordinaire et extraordinaire ne doit être

bien sensible que dans le voisinage de la réflexion partielle, ainsi que l'expérience le montre, quand on a soin d'employer un prisme de verre bien recuit et ne conservant aucune trace de double réfraction. Je n'ai pas comparé en détail les résultats du calcul avec ceux de l'observation relativement à ces phénomènes de coloration; mais je suis persuadé d'avance que la formule ci-dessus serait pleinement confirmée par cette épreuve : je me suis particulièrement attaché à la vérifier par d'autres expériences susceptibles d'une plus grande précision.

Dans cette vérification expérimentale, je me suis proposé d'obtenir une différence de marche d'un quart d'ondulation par deux ou un plus grand nombre de réflexions totales. En dirigeant bien exactement le plan de la polarisation primitive dans un azimut de 45° relativement au plan de réflexion, afin que les deux faisceaux fussent d'égale intensité, leur réunion devait présenter, au travers d'un rhomboïde de spath calcaire, les apparences d'une lumière complètement dépolarisée, et enfin tous les caractères de la polarisation circulaire, caractères faciles à constater. L'espèce de verre que j'ai employée était le crown de Saint-Gobin, dont l'index de réfraction est 1,51. En mettant ce nombre à la place de n, on trouve, d'après la formule, que les incidences qui doivent donner rigoureusement une différence de marche égale à un quart d'ondulation après deux réflexions intérieures, sont 48°. 37′ et 54°. 37′; entre ces deux angles, la différence de marche varie très-peu, et atteint son *maximum* quand $i = 51°. 20'$. J'ai fait tailler un parallélipipède de verre, dont les faces d'en-

trée et de sortie étaient inclinées de 54° $\frac{1}{2}$ sur les surfaces réfléchissantes, afin que les rayons réfléchis sous l'incidence de 54° $\frac{1}{2}$ fussent perpendiculaires aux faces d'entrée et de sortie; et j'ai proportionné la longueur de ce parallélipipède à son épaisseur, de telle sorte que les rayons entrés par le milieu de la première face sortissent au milieu de la seconde, précaution utile pour s'assurer aisément qu'ils ont été réfléchis sous l'inclinaison calculée. L'expérience m'a fait voir que l'angle de 54° $\frac{1}{2}$ satisfaisait à la condition énoncée, c'est-à-dire que, sous cette incidence, deux réflexions dépolarisaient complètement la lumière polarisée dans l'azimut de 45°.

Je me suis ensuite proposé d'obtenir le même résultat, d'abord par trois réflexions totales, et puis par quatre: pour le premier cas, le calcul donne les incidences de 43°. 11′ et 69°. 12′, et dans le second, celles de 42°. 20′ et 74°. 42′. J'ai observé, sous les deux premières, l'effet de trois réflexions, et j'ai trouvé que la lumière réfléchie sous l'incidence de 69°. 12′, étant analysée avec un rhomboïde de spath calcaire, présentait toujours deux images blanches d'égale intensité, tandis qu'elles se coloraient un peu lorsque l'incidence était de 43°. 11′, comme je devais m'y attendre, à cause de son voisinage de la limite de la réflexion partielle. C'est pour cette raison que dans le second cas, de quatre réflexions successives, je n'ai point essayé l'angle de 42°. 20′, mais seulement celui de 74°. 42′, qui imprimait à la lumière émergente tous les caractères de la polarisation circulaire. J'ai produit enfin la même modification par quatre réflexions totales, dont deux à la surface de contact du verre et de l'eau, et les deux

autres sur la seconde surface du même parallélipipède de verre non mouillée, en recevant les rayons sous l'incidence de 68°. 27′, qui m'avait été donnée par le calcul. Ces vérifications, quoique peu nombreuses, me paraissent, à cause de la variété des circonstances, prouver suffisamment l'exactitude d'une formule en faveur de laquelle s'élèvent déjà des probabilités théoriques.

En résumé, l'on voit qu'on peut maintenant calculer tous les phénomènes qui accompagnent la réflexion et la réfraction produites par les corps transparens, savoir : 1° les intensités des rayons réfléchis et transmis sous toutes les incidences, soit qu'on emploie de la lumière directe ou polarisée ; 2° les déviations du plan de polarisation, quand on emploie celle-ci, et les proportions de lumière polarisée par réflexion et par réfraction, quand la lumière incidente n'a reçu aucune polarisation préalable ; 3° enfin les modifications que la réflexion totale imprime à la lumière polarisée, sous toutes les inclinaisons et pour tous les azimuts du plan primitif de polarisation.

EXPÉRIENCES *et Observations additionnelles sur l'Application des combinaisons électriques à la conservation du doublage en cuivre des vaisseaux, et à d'autres objets.*

Par Sir H. DAVY.

(Lu à la Société royale le 17 juin 1824.)

J'AI eu déjà l'honneur de communiquer à la Société royale les résultats de mes premières recherches sur les

moyens de prévenir, à l'aide du contact de métaux plus oxidables, l'action que des dissolvans contenant de l'air, tels que les solutions salines ou l'eau de mer, exercent sur le cuivre.

Depuis quelques mois j'ai fait une série de nouvelles expériences sur ce sujet si important pour la navigation et le commerce de notre pays ; et grâce aux vues libérales et éclairées de lord Melleville et des lords de l'Amirauté, qui ont ordonné que les commissaires de la Marine et des Dock-Yards me donnassent les secours en leur pouvoir, et toutes les facilités que nos magnifiques établissemens de Chatham et de Portsmouth fournissent, j'ai pu conduire mes opérations sur une très-grande échelle. Dans ce moment, je ne pourrai donner qu'un très-court exposé de mes expériences : elles ont été faites dans des circonstances très-différentes, et dont les détails exigeraient plusieurs heures de lecture ; mais je ne puis renoncer au plaisir d'établir la nature décisive et satisfaisante des résultats dont beaucoup ont surpassé mon attente.

Des feuilles de cuivre en contact sur $\frac{1}{40}$ ou $\frac{1}{1000}$ de leur surface avec du zinc, du fer ou de la fonte, ont été exposées pendant plusieurs semaines au mouvement de la marée dans le port de Portsmouth, et leurs poids déterminés avant et après l'expérience. Lorsque le protecteur métallique avait une surface de $\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{150}$ de celle du cuivre, il n'y avait ni corrosion ni diminution de ce dernier métal ; avec de plus petites quantités, telles que $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{400}$, le cuivreé prouvait une perte de poids qui était plus forte à mesure que le protecteur devenait plus petit ; et ce qui prouve la généralité du principe sur lequel ce procédé

repose, on trouva que même $\frac{1}{1000}$ de fer fondu en surface conservait une certaine quantité de cuivre.

Quand on compare le doublage des bâtimens protégé par le contact du zinc, du fer et de la fonte en diverses proportions, à celui de bâtimens semblables non protégé, on voit dans le premier des surfaces brillantes, tandis que le cuivre non défendu éprouve une corrosion rapide, devient d'abord rouge, ensuite vert, et perd une partie de sa substance en écailles.

Heureusement, dans le cours de ces expériences, il a été prouvé que la fonte, substance à très-bon marché et la plus facile à trouver en tout lieu, est la plus propre à la protection du cuivre : elle dure aussi long-temps que le fer malléable ou le zinc; la plombagine qui se produit à sa surface par l'action de l'eau de la mer, n'altère point sa première forme et n'empêche pas l'action électrique du métal qui reste.

J'avais annoncé d'avance que, dans certains cas, il se déposerait des substances alcalines sur le cuivre négativement électrique, et c'est effectivement ce qui arrive. Quelques feuilles de cuivre qui avaient été exposées près de quatre mois à l'action de l'eau de mer, défendues à-peu-près sur $\frac{1}{35}$ à $\frac{1}{80}$ de leur surface par du zinc ou de fer, furent couvertes d'une matière blanche, qui a été reconnue pour être principalement du carbonate de chaux, du carbonate et de l'hydrate de magnésie. La même chose s'est présentée sur le doublage de deux bateaux, dont l'un avait été protégé par une bande de zinc, et l'autre par une bande de fer ayant des surfaces égales à environ $\frac{1}{35}$ de la surface du cuivre.

Les feuilles de ces bateaux se conservèrent parfaitement propres pendant plusieurs semaines, c'est-à-dire, aussi

long-temps que la surface métallique du cuivre resta à découvert; mais depuis que ce métal a été revêtu de carbonate de chaux et de magnésie, des plantes et des insectes s'y sont rassemblés. Quant aux feuilles de cuivre défendues par des surfaces de fonte et de zinc dans la proportion au-dessous de $\frac{1}{150}$, le pouvoir électrique du cuivre étant moins négatif, plus neutralisé et presque en équilibre avec celui du dissolvant, il ne s'y est pas formé de dépôt de matière alcaline et les plantes n'y ont pas adhéré: la surface, quoiqu'elle ait éprouvé un léger degré de solution, est restée parfaitement claire : circonstance de grande importance, puisqu'elle détermine les *limites* de *protection*, et rend l'application d'une *très-petite* quantité de métal oxidable plus avantageuse, dans le fait, que celle d'une plus grande quantité.

La destruction de la fonte n'est pas si rapide qu'une masse de deux ou trois pouces d'épaisseur ne puisse durer plusieurs années. Au moins la consommation dans des expériences qui ont duré pendant environ quatre mois, n'indique pas une plus grande perte. Ceci cependant doit dépendre du rapport de la masse de la fonte à celle du cuivre, et de plusieurs autres circonstances encore indéterminées (telles que la température, la salure de l'eau de la mer, et peut-être la rapidité du mouvement du vaisseau), relativement auxquelles je vais faire des expériences décisives.

Divers faits singuliers se sont présentés dans le cours de ces recherches : j'en rapporterai quelques-uns que j'ai confirmés par des expériences répétées, et qui se rattachent à la science en général.

De faibles solutions de sel agissent fortement sur le

cuivre, et de fortes solutions, comme la saumure, ne l'attaquent pas. La raison paraît être que ces dernières contiennent peu ou ne contiennent point d'air atmosphérique, dont l'oxigène semble nécessaire pour donner le principe électro-positif d'échange aux dissolvans de cette classe.

J'avais prévu le résultat de cette expérience et de quelques autres en m'appuyant sur le même principe.

Les solutions alcalines, par exemple, empêchent ou préviennent l'action de l'eau de la mer sur le cuivre, parce qu'elles renferment en elles-mêmes l'énergie électrique positive qui rend le cuivre négatif : l'eau de chaux elle-même rend nulle de cette manière l'action du cuivre sur l'eau de mer (1).

La tendance de l'action électrique et chimique étant toujours de produire un équilibre dans les pouvoirs électriques, l'action de toutes les combinaisons formées de métaux et de fluides peut occasioner des décompositions, de telle manière que les matières alcalines, métalliques et inflammables soient poussées vers la partie négative de la combinaison, et le chlore, l'iode, l'oxigène et les matières acides vers la partie positive. J'ai montré, dans la lecture Bakérienne de 1806, que cela se passe ainsi dans la batterie voltaïque. La même loi s'applique à des combinaisons plus faibles. Si le cuivre, en contact avec la fonte de fer, est placé dans un vase à moitié plein d'eau de mer, et ayant ses surfaces partiellement au-dessus de

---

(1) Je suis à présent occupé à appliquer ce principe à des expériences concernant la conservation des substances animales et végétales.

la surface de l'eau, il se couvrira de carbonate de soude, de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie; le carbonate de soude s'accumulera graduellement jusqu'à ce que toute la surface exposée à l'air soit couverte de ses cristaux; si le fer est dans un vase; le cuivre formant un arc avec lui dans un autre; si un troisième vase d'eau de mer est intermédiaire et en connection électrique au moyen de rubans d'asbeste ou de coton ; l'eau dans ce vase intermédiaire deviendra peu à peu moins saline; et sans doute, par la continuation du procédé, elle pourrait être rendue douce.

Pour ne point abuser du temps de la Société, je ne rapporterai pas quelques applications évidentes et praticables de ces recherches à la conservation, par le fer, d'instrumens astronomiques de cuivre, et à celle d'instrumens d'acier, par le fer ou le zinc. Mon ami, M. Pepys, a déjà profité ingénieusement de cette dernière circonstance en enfermant des instrumens très-tranchans dans des fourreaux ou cases doublés de zinc : plusieurs autres applications semblables se présenteront. Je ne puis terminer sans parler particulièrement des obligations que j'ai à M. Byam Martin, contrôleur, et à M. Robert Seppings, intendant de la Marine, pour l'intérêt qu'ils ont pris à mes recherches, et sans dire combien je dois au soin, à l'attention et à l'empressement avec lesquels M. Nolloth, maître charpentier de navire, et M. Goodrich, mécanicien dans le Dock-Yard de Porstmouth, ont surveillé l'exécution de plusieurs expériences.

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 16 mai 1825.

M. MARCEL DE SERRES envoie un Mémoire *sur des Débris de mastodonte à dents étroites découverts récemment en France, dans diverses localités, et particulièrement dans les environs de Montpellier.*

M. Mirbel fait un rapport très-favorable sur la Flore des îles Malouines de M. Gaudichaud.

M. Freycinet lit un Mémoire *sur les Observations du pendule invariable* qu'il a faites durant son voyage autour du monde. (Nous en donnerons l'analyse aussitôt que les commissaires nommés par l'Académie auront fait leur rapport.)

M. Moreau de Jonnès continue la lecture de son Mémoire *sur le Chien indigène de l'hémisphère austral.*

Séance du lundi 23 mai.

M. Jomard présente une carte de la pente du Nil comparée à celle de plusieurs autres fleuves, et donne de nouveaux détails sur le voyage de M. de Beaufort.

M. Coquebert de Montbret annonce que la Commission de Statistique décerne le prix à l'ouvrage qu'a publié M. Creuzé de Lesser fils, sur le département de l'Hérault.

M. Geoffroy lit le programme du prix de physique pour 1827. (*Voyez* le précédent Cahier, p. 87.)

M. Navier annonce que la Commission de Mécanique

a accordé le prix fondé par M. de Montyon, à M. Poncelet. (Nous ferons connaître l'excellent Mémoire de cet habile mécanicien.)

M. Ampère, au nom d'une Commission, rend compte d'un Mémoire de M. Zamboni *sur les Piles sèches*. (*Voyez*, plus bas, un extrait de ce rapport.)

M. Geoffroy donne lecture d'un Mémoire *contenant des considérations générales sur la Monstruosité.*

M. Durville lit une Notice sur les observations et les collections qu'il a faites durant son voyage autour du monde.

M. Arago, au nom d'une Commission, propose de décerner, cette année, la médaille de Lalande au travail que MM. Herschel et South viennent de publier sur les étoiles doubles : cette proposition est unanimement adoptée.

Séance du lundi 30 *mai.*

Le secrétaire donne lecture d'une lettre du général Brisbane, qui adresse une suite d'observations astronomiques faites à Paramatta par lui-même et par ses associés, MM. Rumker et Dunlop.

M. Duméril fait connaître le nom des savans auxquels la Commission de Médecine, dont il est le rapporteur, a décerné des médailles. (*Voyez* le précédent Cahier, page 83 et suiv.)

M. Thenard lit ensuite le rapport de la Commission chargée d'examiner les ouvrages ou découvertes qui ont contribué à rendre un art ou un métier moins insalubre. (*Voyez* le précédent Cahier, page 85.)

M. de Humboldt présente des échantillons de séléniures découverts par M. Finke dans les filons du harz oriental, et que M. Henri Rose, de Berlin, a analysés. (*Voyez*, page 13, ce travail de M. Rose.)

M. Pouillet lit un Mémoire *sur l'Electricité des gaz et sur les causes de l'électricité atmosphérique.*

Séance du mercredi 8 juin.

M. le D[r] Civiale écrit à l'Académie au sujet de la mention qui lui a été accordée par la Commission de Médecine, et annonce qu'il présentera dans peu toute la série des instrumens dont il se sert pour briser les pierres contenues dans la vessie.

M. Déyeux fait un rapport verbal sur le *Manuel à l'usage des pharmaciens* de MM. Chevallier et Idt.

La Commission chargée d'examiner les pièces envoyées au concours pour le prix relatif à la digestion, fait son rapport. (*Voyez* le précédent Cahier, page 80.)

On lit une Note de M. Gambart contenant les élémens paraboliques de la dernière comète que ce jeune astronome a découverte.

L'Académie, informée par M. Arago qu'il y a maintenant à Paris deux caméléons vivans, nomme une Commission qu'elle invite à faire des expériences sur les changemens de couleur que la peau de ces animaux éprouve.

M. l'ingénieur Giuseppe Cerini adresse de Milan une lettre relative à un mécanisme nouveau propre à élever l'eau dont on peut avoir besoin pour arroser les terres dans toutes les localités.

M. David Barry, chirurgien de l'état-major de l'armée anglaise, lit un Mémoire *sur le Mouvement du sang dans les veines.*

Séance du lundi 13 juin.

L'Académie reçoit un Mémoire manuscrit de M. Robert *sur le Foyer des eaux chaudes d'Aix; des notes sur les carrières de Montabusard et sur la sablière de Montchêne, près Chevilly,* par M. Thion.

M. Bosc fait un rapport sur un Mémoire de M. Duvau intitulé : *Nouvelles Recherches sur l'histoire naturelle des pucerons.*

Le 25 mai 1809, M. Duvau plaça sous un verre, avec de la nourriture, un puceron de la fève qu'il venait de saisir au moment où il sortait du ventre de sa mère. Le 10 juin suivant, ce puceron fit un petit; on l'isola; le puceron dont il accoucha fut isolé à son tour, et ainsi de suite, jusqu'à la *onzième* génération, qui eut lieu le 25 décembre, et dont le produit mourut le 27 sans postérité.

Tantôt les pucerons ailés donnèrent des pucerons sans ailes; tantôt ceux-ci en donnèrent d'ailés. Les observations de M. Duvau s'accordent avec les résultats qu'ont obtenus ses devanciers. Quelques expériences de Leeuwenhoeck, faites vers le commencement du dernier siècle, indiquaient déjà que les pucerons peuvent se reproduire sans accouplement. Ce fait curieux fut constaté, en 1740, par les expériences si exactes de Bonnet; Réaumur et Degeer montrèrent, deux ans plus tard, qu'il est possible d'obtenir *dix* générations suc-

cessives de pucerons tenus isolés sous des verres : M. Duvau a donc obtenu une génération de plus que Réaumur.

M. Guillaume Libri, de Florence, dépose sur le bureau un Mémoire manuscrit *sur la Théorie des nombres.*

Une Commission rend compte d'un Mémoire d'analyse présenté par M. Brisson, inspecteur-divisionnaire des Ponts et Chaussées. Les conclusions sont que, d'après l'élégance de la méthode donnée par M. Brisson, et l'importance des objets auxquels elle s'applique, le Mémoire doit être accueilli favorablement.

M. Fresnel lit la Note *relative à la Répulsion des corps échauffés*, que nous avons publiée dans le précédent Cahier.

M. Magendie, au nom d'une Commission, présente l'histoire d'un sourd-muet de naissance auquel le Dr Deleau a rendu la parole et l'ouïe par le cathétérisme de la trompe gutturale.

M. de Humboldt lit un Mémoire intitulé : *Esquisse d'un tableau géognostique de l'Amérique méridionale*; et en présente un second *contenant la Discussion approfondie des observations qui ont été faites dans diverses contrées sur la période diurne du baromètre.*

Séance publique annuelle du lundi 20 juin.

On a entendu dans cette séance :

Un Mémoire *sur le Traitement de la ligature de quelques espèces d'anévrismes, ordinairement traitées par l'amputation des membres*, par M. Dupuytren ;

Les éloges historiques de MM. Thouin et Richard, par M. Cuvier;

Des observations sur un sourd-muet de naissance guéri de son infirmité, à l'âge de neuf ans, par M. Magendie.

(*Voyez*, dans le Cahier précédent, page 87, les programmes des prix proposés.)

EXTRAIT *d'un Rapport fait à l'Académie, par M.* AMPÈRE, *sur les Piles sèches de M.* ZAMBONI.

ON trouve, dans ce Mémoire, outre la description de quelques appareils que les piles entretiennent dans un mouvement continu, plusieurs résultats dont voici l'énoncé :

La diminution d'énergie des piles sèches cesse au bout de deux ans. M. Zamboni dit l'avoir reconnu par une expérience de douze années.

La diminution, dans les deux premières années, varie suivant la manière dont la pile a été construite.

La pile est plus énergique en été qu'en hiver, tant sous le rapport de la tension produite, que sous celui de la promptitude avec laquelle elle se manifeste.

Le papier étamé, qu'on nomme *papier argenté*, développe avec l'oxide noir de manganèse une force électrique très-supérieure à celle qu'on obtient quand le papier est recouvert d'une mince lame de cuivre : ce dernier papier est connu sous le nom de *papier doré*.

Une pile formée avec des disques de papier étamés seulement d'un côté, sans aucune substance interposée, donne des effets électriques qui doivent provenir uniquement de ce que la lame métallique *collée* à la face supérieure du papier, la touche plus intimement qu'elle n'est touchée à son tour par le papier inférieur de l'élément qu'on *pose* dessus.

M. Zamboni a examiné, dans ces piles qu'il appelle *binaires*, si l'action des élémens a lieu comme dans celle qui est composée de feuilles d'étain recouvertes d'oxide de manganèse, ou en sens contraire. Il a trouvé qu'on obtenait à volonté l'un ou l'autre de ces résultats, en imbibant de diverses substances le papier collé à l'étain. Si l'on se sert d'huile, l'action est opposée à celle que produit l'oxide de manganèse; lorsqu'on introduit, au contraire, dans le papier, du miel, un alcali quelconque, une dissolution de sulfate de zinc ou du lait à demi caillé, la pile binaire agit comme celle dans laquelle les élémens sont saupoudrés d'oxide de manganèse.

En se servant d'une pile sèche de mille paires dont les plaques n'avaient pas plus de 5 à 6 centimètres de diamètre, M. Zamboni a obtenu du condensateur des étincelles d'un pouce de long, en sorte qu'on peut avec cette pile tenir une batterie électrique constamment chargée à une tension qu'on pourra rendre aussi grande qu'on voudra en multipliant suffisamment le nombre de plaques.

M. Zamboni pense qu'une pile de cinquante mille paires de plaques auxquelles on laisserait le diamètre ordinaire des feuilles de papier étamé, serait une source

constante d'électricité dont la tension égalerait celle d'une forte machine électrique ordinaire. Il émet le vœu qu'un tel instrument soit construit, et signale plusieurs des intéressantes expériences auxquelles il pourrait être appliqué.

De l'Action *des poisons sur le règne végétal.*

Par Mr F. Marcet.

(Mémoire lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 16 décembre 1824.)

Le bel ouvrage de M. Orfila nous a fait connaître d'une manière complète et précise l'histoire des poisons, et le genre d'action qu'ils exercent sur l'économie animale. Il m'a paru que quelques expériences du même genre faites sur le règne végétal, dont le tissu et quelques-uns des organes ont une analogie si frappante avec ceux des animaux, pourraient servir à donner quelques résultats intéressans (1).

Pour suivre une marche régulière, j'ai cru devoir diviser ce Mémoire en deux parties :

Dans la première partie, je décrirai l'action qu'exercent sur les végétaux quelques-uns des principaux poi-

---

(1) Je ne prétends pas donner comme neufs tous les faits qui se trouvent dans ce Mémoire. Il existe déjà sur ce sujet quelques expériences détachées de différens auteurs, que j'ai eu soin de rappeler dans la suite de ce travail toutes les fois que j'en ai pu prendre connaissance.

sons métalliques. Ce sont ces poisons qui agissent sur le règne animal en irritant, enflammant et corrodant le tissu des parties avec lesquelles ils sont mis en contact, et détruisent bientôt la vie s'ils sont administrés en quantité suffisante.

Dans la seconde partie, j'examinerai l'action de quelques-uns des poisons végétaux sur le règne végétal. Les physiologistes ont démontré d'une manière satisfaisante qu'un grand nombre de ces poisons, pris intérieurement, n'enflamment et ne corrodent point le tissu organique des animaux. Dans un grand nombre de cas, surtout dans le cas des poisons narcotiques, on ne trouve après la mort de l'animal aucune rougeur dans l'estomac ou dans le canal digestif : on est même parvenu à déterminer que la plupart des poisons végétaux sont absorbés et transportés très-promptement dans la circulation de l'animal auquel on les administre, et occasionent sa mort en agissant uniquement sur le système nerveux : tantôt, à ce qu'il paraît, sur la moelle épinière, et tantôt directement sur le cerveau.

Le genre d'action de ces poisons sur le règne végétal n'est point facile à déterminer. En effet, jusqu'ici on n'a point, en général, regardé les plantes comme possédant aucun organe ou aucun appareil d'organes qui correspondît au système nerveux des animaux ; on a même toujours regardé l'absence chez elles du système nerveux comme une des différences essentielles qui les distinguent du règne animal. Mais si, comme je crois pouvoir le démontrer dans la seconde partie de ce Mémoire, les mêmes poisons qui n'affectent que le système nerveux, et qui ne laissent aucune trace de lésion

organique dans le règne animal, agissent d'une manière distincte, énergique et analogue dans leurs effets sur le règne végétal, il me semble que cette action ne peut être expliquée qu'en admettant dans les plantes l'existence d'un appareil d'organes qui a quelque analogie avec le système nerveux des animaux, et qui est affecté de la même manière par l'administration de certains poisons végétaux (1).

J'ai cru devoir, dans les expériences qui suivent, chercher à soumettre à l'action des divers poisons les plantes les plus robustes que je pusse trouver, et me servir en général de la même espèce. J'ai choisi à cet effet les haricots (*phaseolus vulgaris*). J'ai par ce moyen le double avantage de pouvoir obtenir des résultats comparatifs, et d'avoir moins à craindre que l'on puisse attribuer la mort des plantes empoisonnées à des causes étrangères à celles dont je m'occupe. D'ailleurs mes expériences ont été plusieurs fois répétées, et j'ai eu toujours soin, lorsque je soumettais une plante à l'action d'un poison, d'en tenir une autre placée dans des circonstances absolument semblables, que j'arrosais avec de l'eau de source.

---

(1) M. Dutrochet, dans un ouvrage publié tout récemment, a reproduit l'idée de l'existence d'un système nerveux diffus chez les végétaux. Ce naturaliste attribue cette fonction à certains petits *corpuscules globuleux* qui se trouvent en assez grande quantité dans les cellules médullaires d'un grand nombre de plantes.

PREMIÈRE PARTIE.

Action des Poisons métalliques.

DE L'ARSENIC.

1re *Expérience.* Un vase contenant deux ou trois plantes de haricots, ayant chacune cinq à six feuilles, fut arrosé avec environ deux onces d'eau qui contenait en solution six grains par once d'oxide d'arsenic. Au bout de vingt-quatre à trente-six heures, je trouvai la plante complètement flétrie, les feuilles fanées, et quelques-unes même commençant à jaunir. J'ai cru quelquefois apercevoir l'extérieur des feuilles parsemé çà et là d'une légère couche d'une substance luisante. La racine était encore tout-à-fait fraîche et paraissait vivante.

Je répétai cette expérience sur d'autres plantes de haricot. Seulement au bout de douze à dix-huit heures, lorsque les plantes commençaient à se flétrir, je les arrosai d'une assez grande quantité d'eau, croyant peut-être diminuer l'effet du poison, en l'étendant beaucoup au moyen de l'eau. Mais la plante n'en fut pas moins complètement flétrie au bout de trente-six heures.

Lorsque les plantes furent mortes, j'en détachai les racines, et je mis tremper dans de l'eau la partie supérieure de la tige et les feuilles. Ensuite, éprouvant cette eau au moyen des réactifs ordinaires, je suis parvenu à y découvrir une quantité notable d'arsenic.

2e *Expérience.* Une branche de rosier portant une fleur à l'extrémité, fut détachée de la plante au moment où la fleur commençait à s'épanouir. L'extrémité de cette branche fut introduite dans un petit flacon contenant

une solution de six grains d'oxide d'arsenic dans une once d'eau.

Ayant déterminé par l'expérience combien le flacon perdait chaque jour de son poids par l'évaporation dans une chambre d'une température à-peu-près uniforme, et connaissant la quantité d'eau et d'arsenic qu'il renfermait, je pouvais déterminer d'une manière assez exacte la quantité d'eau arséniée que la plante avait chaque jour absorbée. La branche de rosier fut introduite dans l'eau arséniée le 31 mars.

Le 1er avril, les pétales extérieurs de la fleur étaient devenu flasques et d'une couleur légèrement pourpre. Quelques-uns des pétales étaient même couverts de taches pourpres assez foncées; les feuilles commençaient à se pencher. La plante avait absorbé pendant les vingt-quatre heures dix grains du liquide, c'est-à-dire, environ douze centièmes de grain d'arsenic.

Le 3 avril, les pétales étaient devenus encore plus flasques et très-fanés. Leur couleur était devenue d'un pourpre très-foncé, et les pétales extérieurs étaient parsemés çà et là de taches pourpres. La fleur avait perdu une portion de son odeur; les feuilles étaient tout-à-fait flétries. La branche avait absorbé, pendant les dernières vingt-quatre heures, quatre grains du liquide. Du 1er au 2 avril, elle en avait absorbé cinq grains et demi.

Le lendemain, la branche était complètement morte, et l'absorption du liquide n'était guère appréciable. La plante n'avait absorbé en tout qu'un cinquième de grain d'oxide d'arsenic. Une quantité aussi petite avait suffi pour flétrir, par son pouvoir corrosif, les feuilles, et changer ainsi la couleur de la fleur. Ayant trempé pen-

dant quelque temps dans de l'eau distillée les feuilles et la fleur, et ayant réduit cette eau par l'évaporation à un très-petit volume, j'ai pu apercevoir, au moyen des réactifs les plus sensibles, la présence d'une petite quantité d'arsenic.

J'avais préparé en même temps que cette expérience, deux ou trois flacons d'eau pure dans lesquels étaient plongées des branches de rosier analogues à celles que j'avais soumises à l'action du poison, et portant des roses développées à-peu-près au même point. Au bout de quatre ou cinq jours, toutes ces roses furent complètement développées, les feuilles étaient tout-à-fait vertes, et paraissaient en très-bonne santé. Les branches avaient absorbé chaque jour environ quinze grains d'eau pure.

En répétant plusieurs fois l'expérience avec la solution d'arsenic, je me suis aperçu que la couleur pourpre qu'acquérait la fleur soumise à l'action du poison, variait en intensité suivant que la rose était plus ou moins développée.

3e *Expérience.* J'ai essayé dans cette expérience de déterminer l'action de l'arsenic introduit dans la tige d'un arbre de moyenne grandeur. Je fis choix, à cet effet, d'un lilas, dont la tige était d'un pouce en diamètre. Le 1er juin, j'y fis une fente d'un pouce et demi de longueur, et pénétrant jusqu'à la moelle. J'insérai dans cette fente quinze ou vingt grains d'oxide d'arsenic, qui avait été préalablement pilé et délayé dans quelques gouttes d'eau. Je rapprochai alors le plus possible les portions fendues de la tige, et je les attachai fortement dans leur position naturelle avec des liens d'osier.

Le 8 juin, les feuilles du lilas ont commencé à se fer-

mer et à se rouler par le bout; le 15, les feuilles étaient déjà flétries, et s'étaient fermées dans le sens de la nervure longitudinale; les branches avaient commencé à sécher. Le 28, les branches étaient sèches : enfin dans la seconde semaine de juillet, la totalité de la tige était tout-à-fait sèche, et l'arbre lui-même complètement mort (1).

Il est vraisemblable que l'arsenic tue la plante en étant entraîné par la circulation du suc dans toutes les parties de l'arbre : de là, je suis porté à croire que si cette expérience avait été faite au moment de la sève, l'effet du poison aurait été encore plus rapide.

Il s'est trouvé à côté du lilas empoisonné un autre arbre de même espèce dont le tronc se joignait à celui du premier un peu au-dessous de la terre. Cet arbre devint aussi tout-à-fait sec environ quinze jours après le premier, et après avoir présenté les mêmes phénomènes. Il paraît de là que le poison se meut dans le sens latéral aussi bien que dans le sens vertical.

Le 30 juillet, cette expérience a été variée en soulevant un morceau de l'écorce de la tige d'un autre lilas, et en introduisant l'arsenic délayé avec quelques gouttes d'eau sous cette écorce, qui a été ensuite recouchée et rattachée fortement avec de l'osier. Le 4 août, les deux principales branches de l'arbre, les plus voisines du point où l'on avait introduit le poison, avaient commencé à sécher, et elles furent tout-à-fait sèches au bout de quinze jours. Les feuilles des autres branches ne se flétrirent pas avant l'époque ordinaire de novembre.

---

(1) D'autres lilas, dont je fendis la tige d'une manière analogue, mais sans y introduire le poison, n'en souffrirent d'aucune manière.

M. G.-F. Jaeger a fait plusieurs expériences intéressantes relatives à l'action de l'arsenic sur les végétaux : il les a publiées dans une thèse intitulée : *Dissertatio inauguralis de affectibus arsenici in varios organismos.* Voici les conclusions que l'auteur tire de ces expériences :

« Patet ex adductis circa plantas experimentis, arse-
» nicum omnino lethiferum esse hisce organismis vene-
» num, sub qualicunque evolutionis periodo sint, quod
» eorum vitam cum omnibus ejus attributis penitus et
» promptè satis destruat, exceptis forsitan simplicissi-
» mis quibusdam regni vegetabilis formis.

» Mors ipsa inferri videtur per lentam pharmaci
» resorptionem et distributionem ope variorum atque
» contextus cellulosi, ita ut successivè partes pereant
» ad quas penetravere particulæ veneni. Mutationes quas
» plantæ infectæ subeunt, partim chemicæ veneni ac-
» tioni tribuendæ videntur, uti coloris mutationes, par-
» tim cum iis conveniunt, quas aliis modis inducta mors
» secum ferre solet. »

DU MERCURE.

1re *Expérience.* Le 5 mai, deux ou trois plantes de haricots, qui croissaient dans un vase, furent arrosées avec environ deux onces d'eau contenant en solution 12 grains de muriate de mercure. Le lendemain, les plantes avaient l'air malade, les feuilles se penchaient beaucoup, et les tiges étaient d'une couleur brune-jaunâtre. J'arrosai encore les plantes avec la même quantité du même liquide. Le lendemain, 7 mai, je les trouvai complètement mortes ; les tiges étaient tout-à-fait jaunes, et les feuilles sèches et flétries. Ayant fait tremper pendant quelque temps

les feuilles des plantes dans de l'eau distillée, j'ai pu facilement reconnaître, au moyen des réactifs ordinaires, la présence du muriate de mercure.

2e *Expérience.* Le 3 avril, une branche de rosier portant deux ou trois boutons de rose à moitié développés, fut introduite par son extrémité, dans un flacon contenant une solution de 6 grains de muriate de mercure dans une once d'eau.

Le 5 avril, il s'est manifesté des raies d'une couleur jaune-brunâtre, qui s'étendaient le long des embranchemens des feuilles ; les pétales extérieurs des fleurs étaient fanés ; la fleur cependant semblait s'être un peu épanouie.

La branche avait absorbé pendant les quarante-huit heures 24 grains du liquide.

Le 6 avril, les raies étaient devenues plus larges et d'une couleur plus foncée; les feuilles semblaient d'ailleurs très-malades. Le 7, les raies couvraient la plus grande partie des feuilles; il n'y en avait que les bords qui restassent encore un peu verts : la branche était d'ailleurs tout-à-fait sèche. Les pétales intérieurs de la fleur n'étaient point flétris, mais me semblaient être devenus d'une couleur un peu plus foncée. La plante avait absorbé en tout 32 grains du liquide, c'est-à-dire, près d'un demi-grain du poison.

3e *Expérience.* Le 10 mai, je fis dans la tige d'un cerisier un trou qui pénétrait jusque dans la moelle, et j'introduisis dans ce trou quelques gouttes de mercure métallique. Je couvris alors entièrement le trou de manière que l'eau ne pût pas y entrer, et que l'arbre ne pût pas souffrir de l'action des élémens extérieurs. Aujour-

d'hui (le 10 mars 1825), l'arbre se porte parfaitement bien, et n'a point encore souffert de l'action du mercure. Je suis d'autant plus surpris du résultat de cette expérience, que j'avais souvent entendu dire que l'on parvenait à tuer les arbres en les assujettissant de cette manière à l'action du mercure métallique.

DE L'ÉTAIN.

Le 13 avril, une branche de rosier portant deux ou trois boutons de rose à moitié développés, fut introduite par son extrémité dans un flacon contenant une solution de muriate d'étain de la même force que les solutions précédentes.

Le 15 avril, il s'est manifesté, le long des nervures des feuilles, des raies d'une couleur brune-jaunâtre, semblables à celles produites par l'action du muriate de mercure : elles étaient seulement plus larges et d'une couleur plus foncée. Le 16, la branche était morte, et la presque totalité des feuilles était devenue jaunâtre. Ayant fait tremper pendant quelque temps les feuilles dans de l'eau distillée, et ayant ajouté à cette eau une solution d'or, la présence de l'étain s'est manifestée de la manière ordinaire.

L'action de l'étain sur les haricots est tout-à-fait semblable à celle du muriate de mercure.

DU CUIVRE.

Une plante de haricot fut ôtée de la terre, et introduite par les racines dans un vase d'eau contenant une solution de sulfate de cuivre dans la même proportion que dans les expériences précédentes. Au bout de vingt-

quatre heures, les feuilles de la plante étaient tout-à-fait flétries.

Si j'arrosais la plante en la laissant en terre, il fallait, pour la tuer, l'arroser plusieurs fois, et avec une proportion plus considérable de sulfate de cuivre.

Je trouve, dans le volume XIX, page 76, des *Annals of Philosophy*, que le Dr Philipps ayant répandu des solutions de cuivre autour du pied d'un jeune peuplier, l'arbre mourut bientôt après. Les feuilles des branches inférieures se séchèrent les premières. Un couteau employé à couper une branche de cet arbre se trouva couvert de cuivre; ce qui prouve évidemment l'absorption du métal.

DU PLOMB.

Des haricots furent introduits par la racine dans une solution d'acétate de plomb de la même force que les solutions précédentes. Les feuilles inférieures étaient flétries au bout du second jour; mais ce n'est que le troisième jour que la plante fut morte.

Il en a été précisément de même lorsque j'ai employé du muriate de baryte.

Avant de passer aux poisons végétaux, je dirai quelques mots sur l'action de trois autres substances non-métalliques : l'acide sulfurique, la potasse et le sulfate de magnésie.

Des haricots furent introduits par leur racine dans de l'acide sulfurique étendu avec trois fois son poids d'eau. Au bout de peu d'heures, ils commencèrent à se pencher, et au bout de vingt-quatre heures, ils furent complètement flétris.

Il en a été précisément de même lorsque j'ai soumis des haricots à l'action de la potasse liquide étendue de la même quantité d'eau.

Mon but, en soumettant des haricots à l'action du sulfate de magnésie, a été de démontrer qu'en faisant absorber aux plantes des substances minérales qui ne sont point nuisibles au règne animal, celles-ci n'en souffriraient aucunement.

J'introduisis les racines des haricots détachés de la terre dans un vase contenant 12 grains de sulfate de magnésie dans deux onces d'eau. Au bout de vingt-quatre heures, les plantes n'étant point affectées, j'ajoutai encore 12 grains du sel à la solution, et au bout de quarante-huit heures j'en ajoutai encore 12 autres grains, faisant en tout une solution de 36 grains du sel dans deux onces d'eau. Malgré cela, le troisième jour, les feuilles étaient parfaitement vertes, et la plante ne paraissait pas affectée d'une manière sensible (1).

J'obtins les mêmes résultats en faisant une expérience analogue avec le sel ordinaire.

Ces résultats serviront à prévenir l'objection de ceux qui pourraient alléguer que, dans les expériences précédentes, la mort des plantes soumises à l'action des poisons métalliques était due moins à l'action corrosive de ces poisons, qu'à l'influence qu'ils exerçaient, en obstruant peu à peu les pores des racines, et en empêchant l'absorption du liquide.

---

(1) M. Necker de Saussure m'a dit avoir observé des plantes végéter très-bien dans un terrain magnésien. Le professeur Carradori, de Florence, dans un Mémoire intitulé : *Dell'azione venefica della magnesia sui vegetabili, etc.*, paraît être d'un avis contraire.

SECONDE PARTIE.

Action des Poisons végétaux.

L'action de la plupart de ces poisons paraît chez les animaux se porter sur le système nerveux, et détruire la vie en affectant cette partie du corps d'une manière particulière. Les expériences suivantes sont destinées à déterminer le genre d'action de quelques-uns de ces poisons sur le règne végétal.

En général, dans ces expériences, j'arrachais soigneusement de la terre les haricots que je soumettais à l'action des divers poisons, et j'en introduisais les racines dans un verre qui contenait une solution du poison en question. Par cette méthode, j'ai cru pouvoir déterminer l'action directe des poisons d'une manière plus précise que si j'avais laissé la plante en terre. D'ailleurs, je ne pouvais souvent pas me les procurer en quantité assez grande pour que je pusse en éprouver les effets, en arrosant les plantes, lorsque celles-ci étaient en terre.

Je commençai par m'assurer, au moyen de plusieurs expériences, que des haricots arrachés de la terre, et introduits par les racines dans de l'eau ordinaire, restaient en très-bonne santé pendant un espace de six à huit jours, et continuaient à végéter comme si je les avais laissés dans la terre.

Quelques-uns des poisons dont je rendrai compte, lorsqu'ils sont dissous, même en petite quantité, dans de l'eau, rendent cette eau sensiblement plus visqueuse qu'elle ne l'est dans son état ordinaire. J'ai cru donc devoir m'assurer, que lorsque les plantes que je soumettais à l'action de ces poisons venaient à mourir, cette mort n'était due nullement à la viscosité du liquide, quoique l'on pût croire que cet état de viscosité eût seul suffi pour détruire la plante, en obstruant peu à peu les pores des racines.

J'ai déterminé ce fait en introduisant des plantes de haricots dans de l'eau contenant une solution de gomme

arabique en quantité suffisante pour rendre cette eau plus visqueuse qu'elle ne l'est devenue dans aucun cas par la dissolution des substances dont je me suis servi dans le cours de ces expériences. Ces haricots sont restés vivans et ont conservé leur fraîcheur pendant un espace de cinq à six jours (1).

Je vais à présent décrire l'action de quelques-uns des poisons végétaux sur les plantes.

DE L'OPIUM.

Le 10 mai, à neuf heures du matin, une plante de haricot fut introduite par sa racine dans une solution de cinq à six grains d'opium dans une once d'eau (2). Déjà le soir les feuilles commencèrent à se pencher. Le lendemain, au milieu du jour, je trouvai la plante complètement morte ; les feuilles étaient fanées sans changement de couleur. Je remis la plante dans de l'eau pure, mais je ne pus pas réussir à la faire revivre.

L'extrait aqueux de morelle agit sur les plantes précisément comme l'opium : seulement son action est un peu moins rapide que celle de ce dernier poison.

M. Julio, ayant placé des branches chargées de fleurs du *mesembryanthemum barbatum*, les unes dans des vases pleins d'eau pure, d'autres dans des vases pleins d'eau mêlée avec une petite dose d'opium dissous dans le suc gastrique du corneille, s'est aperçu que les fleurs de la branche placée dans l'eau qui contenait de l'opium, s'épanouissaient plus tôt le matin et se fermaient plus tard le soir que celles qui étaient attachées à la branche placée dans de l'eau pure. Il en conclut que certaines substances agissent comme stimulans sur les végétaux.

(1) Les plantes mouraient cependant plus tôt si l'on ajoutait plus de 10 grains de gomme arabique pour chaque once d'eau.

(2) Après avoir dissous le poison, je passai toujours la solution à travers du papier joseph, de manière à la rendre la moins visqueuse possible.

DE LA NOIX VOMIQUE.

Le 9 mai, à neuf heures du matin, une plante de haricot fut introduite par sa racine dans une solution de 5 grains de l'extrait aqueux de noix vomique dans une once d'eau. Au bout d'une heure, la plante commença à avoir l'air malade. A une heure, les feuilles n'avaient point changé de couleur, mais tous les pétioles ou petites branches auxquelles elles étaient attachées étaient courbées et, pour ainsi dire, rompues par le milieu, de manière à se fléchir de haut en bas. Ce phénomène m'a prouvé que le poison avait bien pénétré dans l'intérieur de la plante; car une autre plante de même espèce que j'avais arrachée de la terre à neuf heures, et que je n'avais introduite dans aucun liquide, commençait aussi à se faner au bout de trois ou quatre heures; mais, dans ce cas, c'était les feuilles seules qui étaient affectées, et point du tout les pétioles, lesquels étaient restés parfaitement tendus. Le soir du même jour, la plante empoisonnée fut morte.

J'ai essayé de déterminer l'action de la noix vomique introduite dans la tige d'un lilas qui avait près d'un pouce en diamètre.

Le 15 juillet, j'y fis une fente d'un pouce et demi de longueur, et pénétrant jusqu'à la moelle. J'insérai dans la fente environ quinze grains de l'extrait aqueux de noix vomique, que j'avais préalablement délayé dans quelques gouttes d'eau. Je rapprochai alors les portions fendues de la tige, et je les attachai fortement dans leur position naturelle avec des liens d'osier.

Le 28 juillet, les feuilles des deux grandes branches de l'arbre les plus voisines de la partie de la tige où le poison avait été inséré, ont commencé à se sécher. Le 3 août, ces deux branches étaient tout-à-fait sèches. Les autres branches ont fini par se sécher dans le courant de l'automne (1).

---

(1) De la même manière, j'ai appliqué à divers arbres plusieurs des poisons dont j'examinerai les effets dans la suite

L'opium et la noix vomique produisent tous les deux la mort des animaux en agissant sur le système nerveux : suivant M. Orfila, l'opium paraît agir spécialement sur le cerveau, et la noix vomique sur la moelle épinière.

DES SEMENCES DU COCULUS MENISPERMIS.

Une plante de haricot fut introduite par la racine dans un vase contenant une solution de 10 grains de l'extrait aqueux des semences du *coculus menispermis* dans deux onces d'eau. Peu de momens après l'introduction des racines de la plante dans le liquide, il y eut une crispation légère de l'extrémité des deux feuilles les plus voisines de la tige. Dans chacune l'extrémité se replia sur la surface supérieure de la feuille. J'essayai de déplier les feuilles crispées; mais je m'aperçus qu'elles tenaient fortement à leur nouvelle position, et qu'elles y revenaient de suite si je les déroulais.

Au bout de quelques heures, les feuilles voisines de la partie inférieure de la tige changèrent de position, de manière que depuis le sommet du pétiole elles se plièrent de haut en bas, prenant une position telle que l'extrémité supérieure des feuilles se trouvait plus directement penchée vers la terre qu'elle ne l'était auparavant. Les feuilles se roidirent dans cette position, et y restèrent pendant quelques heures, la reprenant si on les en dérangeait. Au bout d'un certain temps, elles commencèrent à devenir flasques. Enfin, au bout de vingt-quatre heures, depuis le commencement de l'expérience, la plante entière était morte; tous les pétioles étaient courbés par le milieu; et toutes les feuilles étaient fanées.

Ce genre de poison, lorsqu'il est administré aux animaux, paraît agir le plus souvent sur la moelle épinière, en produisant le tétanos et bientôt la mort.

---

de ce Mémoire. Ces arbres n'ont pas paru affectés avant l'époque ordinaire de la chute des feuilles; et au moment actuel (21 février), la saison est trop peu avancée pour que l'on puisse juger du résultat de l'expérience.

DE L'ACIDE PRUSSIQUE.

1re *Expérience.* Le 12 mai, à huit heures du matin, une plante de haricot fut introduite par sa racine dans de l'acide prussique. Il n'y eut point de crispation des feuilles, comme dans le cas de quelques-uns des poisons précédens; mais les pétioles commencèrent à se courber par le milieu et les feuilles à se pencher au bout de deux ou trois heures, comme dans le cas de l'opium. Au bout de douze heures, la plante n'avait plus de vie; tous les pétioles étaient comme brisés et fléchis de haut en bas par le milieu.

2e *Expérience.* Dans cette expérience, je tâchai d'éprouver l'action de l'acide prussique sur la sensitive (*mimosa pudica*). Dans ce but, une ou deux gouttes de l'acide concentré furent versées sur l'extrémité d'une des branches à laquelle étaient attachées quatre feuilles. Au bout de quelques momens, toutes les feuilles se fermèrent. Il arrivait cependant quelquefois que tous les folioles de chaque feuille ne se sont pas fermés, mais seulement ceux qui étaient les plus rapprochés de l'extrémité de la branche sur laquelle l'acide prussique avait été versé. Les feuilles se rouvrirent au bout d'environ un quart d'heure, mais elles avaient perdu la plus grande portion de leur sensibilité : elles ne la recouvrèrent qu'au bout de quelques heures.

Lorsqu'on tenait de l'acide prussique dans une cuiller, un peu au-dessous des feuilles de la sensitive, quelques-unes de ces feuilles se fermaient au bout de quelques momens. De même, lorsqu'on présentait le flacon d'acide prussique ouvert à une feuille, les folioles se fermaient presqu'immédiatement. Dans les deux cas, les feuilles soumises à l'expérience ne regagnaient complètement leur sensibilité primitive qu'au bout de quelques heures. Il paraît que même la vapeur de l'acide prussique exerce une action sur les feuilles de la sensitive.

M. Th. Becker a fait dernièrement quelques expériences relatives à l'action de l'acide prussique sur les

plantes. Il en conclut que ce poison détruit les végétaux en agissant sur eux à-peu-près de la même manière que sur les animaux. Les graines qui ont été trempées dans cet acide perdent, selon lui, la faculté de la germination: les plantes délicates exposées à son action périssent plus tôt que les plantes robustes, etc. (Voyez *Dissertatio de acidi hydrocyanici vi perniciosâ in plantas*; Iena, 1823; et *Annals of Philosophy*, octobre 1824.)

DE L'EAU DISTILLÉE DU LAURIER-CERISE.

Le 8 mai, à midi, une plante de haricot fut introduite par la racine dans de l'eau distillée du laurier-cerise. Au bout de quelques momens, plusieurs des feuilles se crispèrent par leurs extrémités, en se repliant sur elles-mêmes. Cet état de crispation dura environ une demi-heure : au bout de ce temps, les feuilles se déplièrent et devinrent tout-à-fait flasques. Le soir, la plante était complètement morte. En répétant plusieurs fois cette expérience, je me suis aperçu que la crispation des feuilles variait beaucoup suivant les circonstances, et que quelquefois même la plante périssait sans qu'elle eût lieu d'une manière sensible.

DE LA BELLADONE.

Le 19 mai, à neuf heures du matin, j'introduisis la racine d'une plante de haricot dans une solution de 5 grains de l'extrait aqueux de belladone dans une once d'eau. Je n'aperçus pas de crispation de l'extrémité des feuilles; mais, au bout de quelques minutes, les deux feuilles inférieures attachées à la tige changèrent de position, se pliant depuis le sommet du pétiole de haut en bas, et prenant une position telle que leur extrémité se trouvait plus penchée vers la terre qu'elle ne l'est dans l'état naturel, précisément comme dans le cas de la plante empoisonnée par les semences du *coculus menispermis*. A neuf heures du soir, les feuilles s'étaient rapprochées de leur état naturel, mais étaient devenues un peu flasques. Le lendemain matin, elles avaient repris la posi-

tion décrite ci-dessus ; elles y sont restées pendant vingt-quatre heures, et les feuilles supérieures ont commencé à se pencher. Le 11, les feuilles inférieures, qui avaient ainsi changé de position, commencèrent à devenir jaunâtres. Ce jaunissement commença par les extrémités, et s'étendit peu à peu sur la plus grande partie des feuilles. Le 13, enfin, la plante entière fut morte.

La belladone paraît tuer les plantes plus lentement que plusieurs autres poisons végétaux ; mais elle n'en agit pas moins sur elles d'une manière très-distincte, et produit le plus souvent des effets très-singuliers. Ce poison, selon M. Orfila, exerce sur les animaux une action locale peu violente ; mais elle est absorbée et transportée dans la circulation, et occasione la mort en agissant sur le système nerveux, et principalement sur le cerveau.

DE L'ALCOOL.

Une plante de haricot fut introduite par les racines dans de l'alcool mêlé avec un volume égal d'eau. Je trouvai la plante morte au bout de douze heures ; les feuilles étaient flétries, et étaient devenues tout-à-fait flasques.

Après avoir dissous 3 grains de camphre dans une demi-once d'alcool faible, j'y introduisis une plante de haricot. Elle mourut au bout de douze heures ; mais, outre que les feuilles étaient flétries comme dans le cas précédent, les pétioles avaient l'apparence d'être rompus par le milieu, comme dans le cas de la noix vomique.

M. Julio, ayant placé des branches chargées des fleurs du *mesembryanthemum barbatum* dans de l'eau contenant un peu d'alcool, s'est aperçu que ces fleurs s'épanouissaient plus tôt le matin et se fermaient plus tard le soir, que celles d'une autre branche qui était placée dans un vase contenant de l'eau pure.

DE L'ACIDE OXALIQUE.

1re *Expérience*. Le 12 avril, à dix heures, une branche de rosier portant une fleur à l'extrémité, fut déta-

chée de l'arbre et introduite dans une solution de 5 grains d'acide oxalique dans une once d'eau. Le lendemain, la couleur des pétales extérieurs de la fleur était devenue plus foncée, et les feuilles commençaient à se faner : la plante avait absorbé 7 grains du liquide. Le 14 avril, les feuilles et la tige de la branche étaient complètement sèches, et les pétales de la fleur étaient tout-à-fait fanés. La plante n'avait absorbé, dans les dernières vingt-quatre heures, qu'un grain du liquide, et l'absorption entière pendant les quarante-huit heures n'équivalait pas à un dixième de grain d'acide oxalique pur.

Ce poison, lorsqu'il est administré aux animaux en quantité considérable, agit comme les acides minéraux, en détruisant le tissu de l'estomac. Il tue cependant aussi très-vite lorsqu'il est administré en petite quantité, et il paraît que, dans ce dernier cas, son action se porte principalement sur le système nerveux.

2e *Expérience.* J'introduisis la racine d'une plante de haricot dans une solution d'acide oxalique de même force que la précédente : au bout de vingt-quatre heures la plante était morte.

Lorsque j'arrosais avec une solution d'acide oxalique des haricots en terre, la plupart du temps ils n'en ont pas souffert. Cela est sans doute dû à la chaux que contient la terre, avec laquelle l'acide oxalique s'unit, et de cette manière la plante arrosée ne doit absorber que de l'eau pure.

DE LA CIGUË.

Le 14 mai, une plante de haricot fut introduite, par sa racine, dans une solution de 5 grains de l'extrait aqueux de ciguë dans une once d'eau. Au bout de quelques minutes, je remarquai une crispation des deux feuilles inférieures : le lendemain, ces deux feuilles avaient commencé à jaunir à leurs extrémités; les feuilles supérieures n'étaient pas encore mortes. Le 16 mai, la presque totalité de la surface des deux feuilles inférieures était devenue jaune, et ces feuilles étaient tout-

à-fait sèches. Les feuilles supérieures étaient aussi flétries, mais sans changement de couleur.

DE LA DIGITALE POURPRÉE.

Le 10 mai, à neuf heures, j'introduisis la racine d'une plante de haricot dans une solution de six grains de cette substance dans une once d'eau. Au bout de quelques momens, il y eut une légère crispation de l'extrémité de quelques-unes des feuilles; le soir, les extrémités de ces feuilles étaient flétries, et vingt-quatre heures plus tard, je trouvai la plante entièrement morte.

Les deux derniers poisons dont j'ai parlé, lorsqu'ils sont administrés aux animaux, détruisent la vie en agissant sur le système nerveux.

L'ensemble de ces expériences me semble avoir démontré d'une manière satisfaisante :

1°. Que les poisons métalliques agissent sur les végétaux à-peu-près de même qu'ils agissent sur les animaux. Ils paraissent être absorbés et entraînés dans les différentes parties de la plante, et en altèrent et détruisent le tissu par leur pouvoir corrosif.

2°. Que les poisons végétaux, et en particulier ceux d'entre ces poisons qui sont démontrés ne détruire les animaux que par leur action sur le système nerveux, causent aussi la mort des plantes. Or, comme l'on ne peut guère concevoir que des poisons qui n'attaquent d'aucune manière le tissu organique des animaux puissent altérer celui des végétaux jusqu'au point de les tuer au bout d'un petit nombre d'heures, il me paraît très-probable qu'il existe chez ces derniers êtres un système d'organes qui est affecté par certains poisons végétaux à-peu-près de la même manière que le système nerveux.

Avant de terminer ce Mémoire, je ferai mention de quelques expériences qui se rapportent à l'action des différens gaz sur les racines des végétaux.

C'est un fait connu, que si l'on ôte un plante de la terre, et qu'on l'arrange de manière à ce que les racines se trouvent être dans un récipient contenant de l'air atmosphérique imprégné d'une certaine quantité d'humidité, tandis que la tige et les feuilles sont à l'air audessus du récipient, il s'y trouve au bout de quelques heures une petite quantité de gaz acide carbonique (1). On a expliqué ce phénomène, en attribuant la formation de l'acide carbonique à la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone surabondant des racines. Les expériences suivantes ont été faites dans le but de voir si une plante périrait plus tôt lorsque ses racines se trouveraient dans un récipient qui ne contiendrait point d'oxigène, et que par conséquent, la formation de l'acide carbonique et la consommation du carbone surabondant des racines serait impossible.

Je choisis six plantes de haricots parfaitement semblables, et je les ajustai chacune dans un récipient placé au-dessus de l'eau, de manière à ce que les gaz qui y seraient introduits restassent toujours imprégnés d'humidité. Les racines des haricots se trouvaient dans les récipiens, dont le sommet était percé d'une ouverture par laquelle passaient les tiges, de manière à ce qu'elles se trouvassent, ainsi que les feuilles, dans l'air de la chambre.

Ayant luté hermétiquement les ouvertures pratiquées aux sommets des récipiens, j'introduisis dans chacun un gaz différent. Dans le premier, j'introduisis de l'air at-

(1) Ce fait a été étudié par M. Théodore de Saussure. Ce savant a fait sur de jeunes marronniers des expériences qui tendent au même but que celles qui suivent, et qui en général lui ont présenté des résultats analogues à ceux que j'ai obtenus. (Voyez *Recherches chimiques sur la Végétation*, page 104.)

mosphérique ; dans le second, de l'hydrogène ; dans le troisième, du gaz acide carbonique ; dans le quatrième, de l'oxide nitrique ; et dans le cinquième, de l'azote.

1°. *Air atmosphérique.*

La plante dont la racine fut introduite dans le récipient contenant de l'air atmosphérique se porta parfaitement bien pendant quarante-huit heures. Après cet intervalle, les feuilles se flétrirent peu à peu.

2°. *Hydrogène.*

La plante introduite dans le récipient contenant de l'hydrogène commença à se flétrir au bout de cinq à six heures : elle était complètement morte au bout de quatorze à seize heures ; les feuilles étaient fanées, et la tige était penchée en avant.

3°. *Acide carbonique.*

La plante dont la racine avait été introduite dans ce gaz commença à se flétrir au bout d'une à deux heures, et au bout de huit à dix heures, elle fut morte ; toutes les feuilles étaient fanées, et la tige principale était courbée par le milieu.

L'acide carbonique paraît ainsi être plus funeste que l'hydrogène aux racines des plantes comme il l'est aux poumons des animaux. Les plantes doivent, en effet, mourir très-vite lorsque leurs racines sont plongées dans ce gaz, puisqu'il y a un excès précisément de la substance que la plante par sa végétation tendrait à produire ; et que l'acide carbonique déjà formé, ne conténant point d'oxigène libre, empêche la formation d'une plus grande quantité du premier gaz.

4°. *Oxide nitrique.*

Les feuilles de la plante dont les racines avaient été plongées dans du gaz oxide nitrique ne commencèrent à se pencher qu'au bout de six heures, et ce ne fut qu'au bout de douze heures que la plante mourut. Se peut-il que la vie de cette plante ait été un peu prolongée par la formation d'une petite quantité d'acide carbonique provenant de la combinaison de l'oxigène de l'oxide nitrique

avec le carbone surabondant des racines ? L'oxide nitrique étant un composé facilement décomposable, le fait ne me paraît pas improbable.

5°. *Azote.*

Une plante de haricot fut introduite par sa racine dans un récipient contenant de l'azote. Les feuilles commencèrent à se pencher presqu'immédiatement : au bout de trois heures, la tige et les feuilles supérieures étaient tout-à-fait penchées et flétries, et au bout de cinq heures, toutes les feuilles inférieures étaient aussi fanées. L'action de ce gaz paraît donc être plus prompte que celle de tous les gaz que j'ai soumis à l'expérience.

Il serait intéressant de constater par expérience si, lorsqu'il s'agit de plantes qui ont des racines pivotantes et très-profondes, il se forme une quantité moins considérable d'acide carbonique ; et si, par conséquent, il y a moins besoin pour les racines de ces plantes de la présence de l'air atmosphérique, que pour celles qui sont très-rapprochées de la surface de la terre. De même, il serait curieux de rechercher si, chez les plantes jeunes, qui sont en général dans ce dernier cas, il se forme plus d'acide carbonique que chez les plantes âgées, qui sont le plus souvent dans le premier cas. Le temps et les moyens que j'avais à ma disposition ne m'ont pas permis de pousser plus loin ces expériences ; j'espère toutefois un jour m'en occuper de nouveau.

(Ce Mémoire fait partie du tome II de l'excellent Recueil que publie la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	766,92	+15,0	65	766,72	+13,2	50	766,23	+15,9	48	766,10	+11,5	58	+15,9	+ 6,3	Nuageux.	N.
2	764,60	+18,3	62	763,30	+19,4	54	761,36	+21,0	53	758,53	+15,4	78	+21,0	+ 6,3	Légers nuages.	S.
3	754,57	+14,0	88	754,23	+16,5	89	754,07	+15,5	83	754,34	+13,2	89	+17,7	+10,0	Pluie fine, tonnerre.	S. O.
4	752,04	+15,2	65	750,30	+12,7	91	747,53	+12,7	94	744,08	+ 9,8	95	+15,3	+ 9,3	Pluie.	S. S. O.
5	747,23	+14,2	73	748,20	+13,3	80	748,84	+14,3	55	752,42	+10,6	88	+14,3	+ 9,1	Pluie.	O.
6	758.87	+14,1	59	759,24	+16,5	54	759,60	+17,1	56	758,90	+11,5	90	+17,3	+ 5,9	Nuageux.	N. O.
7	758,54	+19,0	64	758,04	+21,1	59	757,40	+22,0	58	757,04	+13,8	83	+22,5	+ 8,0	Nuageux.	S.
8	758,64	+21,0	68	757,08	+25,1	58	756,65	+24,9	54	757,18	+20,0	82	+25,1	+12,5	Nuageux.	E.
9	760,16	+21,2	74	760,40	+21,7	65	760,50	+23,2	61	762,20	+16,8	83	+23,2	+15,0	Légers nuages.	N. N. O.
10	764,08	+19,0	75	763,55	+21,9	64	763,73	+23,7	52	762,02	+20.0	75	+23,8	+11,8	Nuageux.	N. O.
11	761,12	+22,5	74	760,40	+26,7	62	759,55	+28,0	54	758,68	+22,5	84	+28,0	+15,0	Nuageux.	N.
12	758,63	+25,4	76	757,58	+27,7	60	756,65	+28,0	51	756,40	+22,5	64	+28,3	+18,4	Nuageux.	N.
13	757,62	+21,9	68	757,50	+27,5	58	757,10	+28,8	49	757,25	+24,2	64	+28,8	+17,1	Petits nuages blancs.	N. N. E.
14	759,40	+24,0	75	759,20	+27,0	68	758,22	+27,8	60	759,12	+23,3	64	+27,8	+19,0	Voilé, brouillard.	N.
15	760,60	+21,5	75	759,52	+25,9	65	758,95	+26,8	58	758,70	+21,5	58	+27,3	+16,5	Vapeurs.	N. N. E.
16	758,58	+23,8	69	758,08	+26,5	58	757,28	+27,5	52	756,88	+13,1	60	+27,5	+16,2	Tres-beau.	N.
17	757,87	+24,4	65	757,33	+26,7	52	756,90	+27,0	56	757,90	+19,0	85	+27,3	+16,2	Beau.	E. N. E.
18	760,16	+15,9	74	759,68	+17,3	71	759,16	+18,0	71	758,65	+15,0	77	+18,4	+10,8	Légers nuages.	N. N. E.
19	758,02	+16,0	75	756,90	+18,5	65	755,58	+20,5	59	753,70	+17,0	60	+20,8	+ 9,0	Quelques nuages	N. E.
20	749,80	+22,0	52	748,82	+23,2	56	748,72	+22,0	55	750,30	+14,5	75	+23,3	+ 9,8	Nuageux.	O. N. O.
21	752,53	+15,5	71	753,20	+16,2	62	753,54	+16,4	61	755,30	+12,2	81	+17,2	+10,5	Couvert.	N. O.
22	759,00	+16,3	65	759,00	+18,0	58	758,70	+18,0	51	759,26	+14,1	60	+18,0	+ 6,8	Quelques éclaircies.	N.
23	760,44	+18,5	51	759,93	+19,5	50	759,15	+30,2	46	758,73	+17,3	55	+20,4	+ 7,8	Petits nuag. à l'horiz.	E. N. E.
24	757,86	+20,5	55	756,90	+23,5	47	756,20	+24,0	48	755,38	+19,0	60	+24,5	+10,3	Très-beau.	E.
25	754,27	+24,8	60	754,13	+25,0	55	753,93	+19,3	80	752,57	+17,8	88	+26,4	+13,8	Quelques éclaircies.	S. S. O.
26	755,85	+19,9	59	755,97	+20,0	58	755,04	+20,0	48	755,40	+15,7	80	+20,1	+13,2	Nuageux.	S. O.
27	756,02	+20,3	53	755,93	+20,6	53	755,64	+21,4	48	755,26	+15,0	58	+21,4	+11,2	Nuag, goutt. d'eau.	S. O.
28	753,62	+18,0	71	753,28	+20,9	55	752,23	+31,5	51	751,50	+16,0	70	+23,0	+12,5	Couvert.	S. O. faible.
29	75[illegible],58	+19,4	61	753,24	+20,5	56	753,26	+21,6	52	754,67	+15,3	60	+21,6	+13,5	Nuageux.	O.
30	753,84	+23,8	54	753,07	+24,9	43	752,10	+24,4	40	752,49	+16,3	72	+25,1	+ 8,0	Nuageux.	S. O.
1	758,57	+17,1	69	758,11	+18,1	66	757,49	+19,0	61	757,28	+14,3	83	+19,6	+ 9,4	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,18	+22,0	70	757,50	+24,7	61	756,81	+20,4	56	756,76	+20,3	69	+25,7	+14,8	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 2,068
3	755,60	+19,7	60	755,47	+20,9	54	755,08	+20,7	53	755,06	+15,9	68	+21,8	+10,8	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 1,908
	757,45	+19,6	67	757,03	+21,3	60	756,46	+21,7	57	756,36	+16,8	73	+22,4	+11,7	Moyennes du mois,	+17°,0.

Sur *les Causes de l'insalubrité de l'air dans le voisinage des marais en communication avec la mer.*

Par M. Gaetano Giorgini,
De l'Académie de Lucques, etc., etc.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 12 juillet 1825.)

L'homme, celui peut-être de tous les êtres organisés dont la nature se prête le mieux à toutes les circonstances et à tous les climats ; qui vit et se multiplie au milieu des sables brûlans de l'Afrique et des glaces éternelles des régions polaires, trouve cependant, dans l'insalubrité de l'air de quelques pays, des causes puissantes de destruction sur le sol même dont la température et la fertilité lui assureraient d'ailleurs le bien-être et l'aisance.

Telle est cependant la tendance de l'espèce à couvrir de ses égaremens et de ses malheurs tous les points qui lui sont accessibles, qu'il est rare de rencontrer dans notre vieille Europe une étendue tant soit peu considérable qui, malgré son insalubrité, ne soit pas habitée par quelques centaines de fantômes vivans, voués dès leur naissance à une vie languissante et à une mort prématurée.

Il est reconnu que les causes de cette insalubrité sont de différentes sortes, dont les principales doivent être recherchées dans la mauvaise qualité des eaux, dans la nature du sol et des végétaux qui le couvrent, dans les exhalaisons délétères qui en dérivent, et plus souvent

encore dans le voisinage des eaux stagnantes et dans la composition de leur fond.

Quelquefois ces causes disparaissent devant l'industrie; la destruction des forêts, la culture des terres, et surtout les desséchemens, portent enfin le mouvement et la vie sur des plages long-temps désertes et inhospitalières. C'est pourquoi il importe beaucoup à l'humanité que les faits de cette nature soient signalés aux savans qui doivent les expliquer, et aux gouvernemens qui peuvent faire tourner au profit des peuples des expériences aussi salutaires. Dans cette vue, nous allons nous occuper de tracer rapidement l'histoire des moyens employés, en partie sous nos yeux, pour l'assainissement de l'air d'une province d'Italie. Puisse un exemple aussi frappant n'être pas perdu pour l'humanité!

Nous avons dit que c'est au voisinage des eaux stagnantes qu'est due le plus souvent l'insalubrité de l'air; mais aussi nous ajouterons qu'il n'est aucun observateur un peu attentif qui n'aie pu remarquer que cette cause est singulièrement modifiée par une foule de circonstances qu'il est souvent difficile de démêler. Le voisinage des marais n'est pas toujours insalubre, surtout il ne l'est pas toujours au même degré : voilà une vérité dès long-temps reconnue, et qui aurait dû plus tôt engager les savans à rechercher les causes de cette différence.

Une de ces causes mérite plus particulièrement de fixer l'attention. Vitruve, dans son *Architecture,* liv. 1er, chap. IV, conseille de ne point bâtir une ville dans le voisinage d'un marais toutes les fois que, son niveau n'étant pas plus élevé que la mer, les eaux salées intro-

duites pendant la tempête ou la marée n'ont plus d'écoulement dès qu'elles ont cessé.

Gul Piso (*Hist. nat. et méd., lib.* 1, *pm.* 9) dit expressément : « *Non omnia loca paludosa et lacus-» tria insalubria esse monumenta veterum quoque con-» firmant in Italiâ, ubi insignia quædam et fertilissima » habitacula paludibus proxima incredibili tamen salu-» britate fruebantur; propterea quod commercium ha-» berent cum mari et motione perpetuâ non paterentur » stagnantes putrescere.* »

Silvius, Donat, Pringle, Boerhaave, monsignor Lancisi et quelques-autres ont aussi plus ou moins clairement fait entendre que c'est principalement des marais dans lesquels se fait le mélange des eaux de la mer avec les eaux douces, et dans lesquels ce mélange séjourne plus ou moins long-temps exposé au soleil d'été, que s'exhalent les miasmes les plus délétères : témoins les marais salans du midi de la France, les marécages qui avoisinent les côtes de la Méditerranée dans le royaume de Naples, dans l'État de l'Eglise et en Toscane, dont les environs, abhorrés et dépeuplés, font un contraste frappant avec la vie, la fertilité et la population d'autres provinces de l'intérieur, situées auprès de marais non moins étendus.

De l'observation grossière des localités a donc dû jaillir de bonne heure cette vérité d'abord entrevue, ensuite annoncée sans aucune preuve directe que :

« Le mélange et le séjour plus ou moins prolongé » pendant l'été, des eaux de la mer dans les marais d'eau » douce est, dans le climat d'Italie, la cause princi-

» pale des maladies si terribles et si connues sous le nom de *malattie di cattiva aria.* »

J'ai dit que cette vérité a été annoncée sans aucune preuve directe ; et en effet, de l'insalubrité de l'air des marais où le mélange avait lieu, on n'était pas en droit de conclure qu'il était cause de cette insalubrité. Pour établir avec certitude que, de ces deux faits, le dernier était la conséquence du premier, il fallait empêcher et renouveler successivement le mélange, et s'assurer ainsi que la séparation des eaux douces et salées était suivie de l'assainissement de l'air dont les qualités méphitiques et pestilentielles reparaissaient dès que cette séparation venait à cesser. C'est ce qui a été fait de nos jours avec un succès complet, et c'est cette expérience intéressante que je vais raconter en détail.

Au sud des Apennins liguriens (*voyez* la carte ci-jointe) gît une plage marécageuse, bordée à l'ouest par la Méditerranée sur une longueur de près de douze milles d'Italie ; au sud par le Serchio ; à l'est par les derniers contreforts des Apennins, et au nord par le Frigido, torrent qui naît presque au pied des Apennins, dans l'état de Massa de Carrare, et se jette dans la mer après un cours de trois à quatre milles d'Italie. La largeur de cette plaine, depuis la mer jusqu'au pied des montagnes et des collines qui la bordent du côté de l'est, est de deux à quatre milles. Elle est traversée, de l'est à l'ouest, par quelques torrens qui naissent à peu de distance dans les montagnes, et se déchargent dans les marais ou directement dans la mer.

Ceux-ci sont, y compris le Serchio et le Frigido, le Fiume de Camajore et le Fiume de Pietra-Santa ou

Fiumetto : ils n'ont point de communication avec les marais, qu'ils partagent en trois bassins séparés.

Cette plaine marécageuse peut, avec toute probabilité, être regardée comme formée par les sables charriés par l'Arno et le Serchio dans l'intérieur du golfe, qui s'étendait autrefois jusqu'au pied des montagnes de l'est. Le fond des marais, en effet, est du sable semblable à celui du rivage, qui forme une sorte de digue de quelques pieds seulement plus élevée que le niveau de la mer, dans laquelle elle s'enfonce par une pente extrêmement douce. Ce qui rend encore plus vraisemblable cette conjecture, c'est que les dépôts des sables charriés par l'Arno et le Serchio continuent de nos jours, et augmentent tous les ans de quatre à cinq brasses (*bracci*) la largeur naturelle de la digue dont nous avons parlé, de manière que la mer paraît se retirer tous les ans de cette même largeur. On conçoit aussi facilement comment l'Arno et le Serchio, en avançant leur embouchure plus en avant dans la mer, au milieu de leurs propres alluvions, ont pu former sur la côte l'espèce de digue qui borde les marais du lac de Massaciuccoli, de la Torre et de Motrone, et du lac de Perotto. Ces bas-fonds ne formaient probablement dans l'origine qu'un marais continu, qui a été dans la suite divisé dans les trois bassins dont nous avons indiqué les noms, par les alluvions du Fiume de Camajore et du Fiume de Pietra-Santa, qui, comme le Serchio et le Frigido, se sont frayé leurs lits au milieu du gravier et de la terre végétale qu'ils ont emportés avec eux des montagnes, et dont ils ont recouvert, sur une couche plus ou moins épaisse, les bas-fonds contigus.

Les eaux de pluie et celles des sources peu abondantes qui s'écoulent dans les trois bassins mentionnés, se déchargent lentement dans la mer par des canaux naturels ou artificiels qui percent le banc de sable qui borde la côte, et qui sont 1°., pour le bassin principal du lac de Massaciuccoli, le fossé de la Burlamacca; 2°. pour les moindres étangs des lames de la Torre et de Motrone, les fossés de Motrone et celui du Tonfalo; 3°. enfin pour le petit lac de Perotto et pour les marais environnans le fossé de Cinquale. Le niveau des eaux stagnantes indiquées, à peine supérieur à celui de la mer pendant le reflux, lui est inférieur pendant le flux, quoique celui-ci soit très-peu considérable dans cette partie de la Méditerranée. Dans cet état des choses, avant la construction des ouvrages hydrauliques dont nous allons bientôt parler, les eaux de la mer s'élevant par le flux ou par toute autre cause, faisaient courir en sens inverse celle des fossés de la Burlamacca, de Motrone et du Tonfalo et du Cinquale; et à moins que les eaux du marais ne fussent extraordinairement gonflées par les pluies, s'introduisaient par ces émissaires dans les bassins, qu'elles inondaient jusqu'au pied des montagnes, toutes les fois surtout que, pendant une libecciata (vent du nord-ouest), la mer devenant orageuse, poussait avec violence ses vagues dans l'intérieur. Le mélange des eaux douces et salées qui en résultait, et qui était, en été, rarement et lentement renouvelé, se corrompait et répandait à l'entour l'infection la plus complète et la plus meurtrière.

Je ne m'arrêterai point à décrire l'état de la population des paroisses plus voisines des marais et de Viareg-

gio, qui n'était alors qu'un rassemblement d'un petit nombre de cabanes de pêcheurs situées auprès d'une ancienne tour, que l'esprit peu philanthropique du siècle, faisait servir de prison aux condamés aux galères. Les effets de la cativa aria sont trop connus pour que nous nous arrêtions à les décrire ici. On les voyait se reproduire annuellement dans ces lieux avec toutes leurs horreurs. Les indigènes, peu nombreux et constamment attaqués par des maladies de foie ou de rate, présentaient pendant toute l'année le spectacle affligeant d'une population d'enfans languissans et d'hommes en convalescence, au milieu de laquelle la vieillesse était inconnue. Arrivés à la fin de l'été, ils étaient atteints par les maladies les plus dangereuses : ceux qui en étaient quittes pour quelques mois de fièvres intermittentes, qui ne cédaient qu'au quinquina et au retour de l'hiver, devaient s'estimer bien heureux. En vain le plus grand nombre d'entre eux, en demeurant sur les collines ou dans l'intérieur des terres, et ne descendant dans la plaine que pour les travaux indispensables à la culture, cherchaient-ils à échapper aux influences encore plus mortelles de la nuit : la fièvre et la mort ne les attendaient pas moins dans leurs misérables demeures. Les choses en étaient au point que la culture des oliviers dont sont couvertes ces riches collines était livrée presque entièrement à des mains étrangères appelées pendant l'hiver à féconder une terre dont la fertilité était elle-même un malheur, puisqu'elle servait d'appât à de nouvelles victimes. Et si les indigènes eux-mêmes ne pouvaient échapper à ces terribles fléaux, malheur au passager, au voyageur imprudent qui se seraient oubliés pendant une

nuit entière d'août ou de septembre dans ces contrées infectées : la mort était la suite inévitable de leur imprudence.

Tel était l'état du pays avant l'année 1741, époque où l'assainissement partiel de l'air fut tenté. Je n'ai point chargé les couleurs ; les registres publics en font foi ; la mémoire en est encore trop récente ; les dernières traces en sont à peine effacées ; je n'ai rien dit qui ne soit une vérité reconnue, incontestable.

Ce fut en 1714 que l'ingénieur de Bologne, Gemignano Rondelli, proposa d'essayer la séparation des eaux de la mer. En 1730, le célèbre Eustache Manfredi renouvela la même proposition. En 1736, Bernardino Zendrini, mathématicien de la république de Venise, appelé à Lucques par son Gouvernement, insista sur la nécessité de la construction d'une écluse près de l'embouchure de la Burlamacca, dont les portes mobiles seraient fermées comme des soupapes par les eaux de la mer élevées par le flux ou les tempêtes, et seraient ouvertes pour l'écoulement des eaux du marais, dès que leur niveau étant devenu supérieur à celui de la mer, les forces des eaux intérieures auraient le dessus.

La république désirant adoucir tant de maux, ordonna, en 1740, la construction de cet ouvrage, qui fut achevé en 1741. Le succès le plus complet et le plus inespéré couronna cette entreprise, dont l'utilité avait pu jusqu'alors paraître douteuse.

Dès l'année qui suivit cette construction, on ne vit point reparaître ni à Viareggio, ni à Massaciuccoli, ni à Quiesa, ni dans les autres parties plus éloignées des bassins de Motrone et de Perotto, ces terribles maladies qui tous les ans venaient les désoler.

Les habitans dont l'état n'était pas encore irremédiable, rendus à la force et à la santé, purent enfin espérer une vie plus supportable et moins précaire pour eux et pour leur postérité, à laquelle la fertilité et l'étendue des terres promettaient une existence aisée et tranquille. Depuis lors la population s'est rapidement accrue et se trouve encore en ce moment progressive. Viareggio est devenu un bourg très-considérable, et tout soupçon d'insalubrité en a disparu, au point que les premières familles de la ville de Lucques y ont depuis long-temps bâti des palais qu'elles viennent habiter dans les mois d'été, pour y respirer l'air salutaire de la mer, et s'y livrer aux plaisirs des bains et de la société.

Mais si quelques doutes pouvaient rester encore dans les esprits les plus difficiles sur la cause de ce changement inespéré, deux événemens malheureux ne tarderaient pas à les lever.

Dans les étés 1768 et 1769, Viareggio et les paroisses voisines des lacs de Massaciuccoli furent de nouveau ravagées par les maladies. Il résulte des registres de la paroisse, que Viareggio eut dans ces deux années 170 morts sur une population de 1330 âmes; ce qui fait près de 1 sur 15 par année, tandis qu'il n'en eut que 32 dans l'année suivante, c'est-à-dire, à-peu-près 1 sur 40. La cause de cette épidémie avait été reconnue et détruite : on avait réparé les portes de l'écluse, qui, étant endommagées, avaient permis, dans les années 1768 et 1769, le passage à l'eau de la mer.

Un oubli pareil se renouvela dans les années 1784 et 1785 : le service des portes de l'écluse avait été in-

terrompu ; le nombre des morts s'éleva, en 1784, à 92 sur 1898 habitans, c'est-à-dire, 1 sur 20 environ. En 1785, il fut de 103 personnes sur 1834, c'est-à-dire, de 1 sur 18 environ. On lit, dans les rapports présentés au Gouvernement que, dans l'année 1784, Viareggio renfermait 1200 malades sur le nombre déjà indiqué de 1898 habitans. On fit cesser cette épidémie comme celle de 1769, en réparant les dégâts que les portes de l'écluse avaient soufferts.

Après des expériences aussi décisives, on s'attend sans doute de voir exécuter sans retard des travaux analogues pour les bassins des lames de Motrone et du lac de Perotto ; mais il en devait être autrement : les malheureux habitans des plaines de Camajore, de Pietra-Santa, et surtout de Montignoso, bourgade qui éprouvait avec plus d'intensité l'influence délétère des marais de Perotto, étaient destinés à languir encore long-temps dans un état devenu plus déplorable depuis qu'on savait qu'il pouvait facilement être changé.

Ce ne fut qu'en 1804 que les plaintes des intéressés déterminèrent la République démocratique à prendre des mesures en leur faveur : ce long retard peut être, sinon justifié, du moins expliqué par les lenteurs que devait entraîner la nécessité de s'entendre avec le gouvernement toscan, avec lequel il existait des différens à lever sur la juridiction des fossés de Motrone et du Cinquale.

Le chevalier Matteucci (ministre actuel de S. A. S. le Grand-Duc de Toscane auprès de S. M. T. C.), qui était alors l'un des citoyens les plus distingués de l'état de Lucques, fut envoyé à Florence en 1805 pour con-

clure un arrangement à cet égard. Il avait, avec le zèle d'un vrai philanthrope, rempli le but de sa mission, lorsque de nouveaux bouleversemens politiques arrêtèrent encore une fois ce bienfait.

L'état de Lucques ayant perdu les formes républicaines, M. Matteucci devint le premier ministre de la principauté qui lui succéda, et conserva cette charge jusqu'en 1817. Il ne cessa d'employer son crédit pour seconder les justes plaintes des habitans de Montignoso. L'état déplorable de ce pays se trouve décrit dans son rapport du 13 avril 1808, dans lequel, en attendant la construction d'une écluse sur le fossé du Cinquale, il propose comme mesure provisoire la translation forcée, durant l'été, des restes de cette population. Nous allons transcrire ses expressions parce qu'elles donnent une idée de toute l'étendue du mal.

« *Intanto io mi occuperò di un progetto per preparare ai Montignosini, nella prossima estate, nella quale protrebbero rinnovarsi le micicliali malattie, che nel corso di pochi anni una gran parte hanno distrutto di quella infelice popolazione. Ne le recenti memorie di uno spettacolo il piu desolante ne l'imminente pericolo di nuove stragi renderà grata ai Montignosini una misura che gli costringera ad abbandonare per qualchè tempo i loro tetti e le loro Capanne, o per meglio dire i loro sepolcri, ma essi benediranno un giorno la mano che gli aviá costretti à ricevere un benefizio che adesso non valutano abbastanja.* ».

Cette mesure, qui fut adoptée, produisit, dans les années 1809, 1810, 1811, les meilleurs effets. Elle devint

inutile en 1812 par l'achèvement de l'écluse sur le Cinquale, dont la construction avait été entreprise en 1809. L'air de Montignoso se trouva, dans les années suivantes, aussi sain que celui de Viareggio. L'influence salutaire de cette construction se fit aussi sentir dans les communautés de Querceta, de Pietra-Santa et de Vallechia, quoique à un degré moindre dans les parties les plus rapprochées des étangs de Motrone. Il fallait, pour compléter ce système d'assainissement de l'air, garnir de leurs écluses les fossés de Motrone et du Tonfalo. M. Matteucci, qui était encore en charge sous le gouvernement provisoire autrichien, et dont le nom devait être attaché à tout ce qui se faisait d'uile dans cette période, ne voulait point laisser imparfait un ouvrage où il avait eu tant de part : son autorité aida puissamment la détermination que prirent les municipalités de Camajore et de Pietra-Santa de faire exécuter ces ouvrages à leurs dépens. L'écluse de Motrone, entreprise en 1818, fut achevée dans l'année 1819, tandis que celle moins intéressante du Tonfalo le fut en 1821.

Depuis lors les maladies d'aria cattiva ont cessé sur tous les points, de manière qu'il n'y a plus d'autres dangers à courir pour la salubrité de l'air que ceux qui pourraient naître du défaut d'entretien et de surveillance aux écluses, que les habitans du pays doivent regarder comme leur véritable palladium.

Je joins ici un tableau des progrès de la population dans les paroisses qui ont le plus ressenti l'influence des écluses construites aux différentes époques que nous avons indiquées. C'est la preuve la plus complète que l'on puisse donner de la salubrité de l'air. D'autres

paroisses plus éloignées des anciens foyers d'infection ont aussi éprouvé un accroissement de population en général proportionnel au degré de malignité de l'air avant la construction de l'écluse.

État de la population de l'arrondissement de Viareggio.

	DANS LES ANNÉES							
	1733.	1744.	1758.	1776.	1782.	1809.	1822.	1823.
Paroisses de	Habitans.							
Viareggio....	Nbre 330	459	953	1517	1762	2914	4165	4267
Bargecchia...	231	279	266	287	324	434	481	491
Bozzano	130	175	276	414	431	661	753	779
Corsanico....	266	315	359	413	443	492	572	591
Massarola....	60	»	»	»	359	545	746	766
Mommio.....	55	48	65	91	96	118	164	170
Pieve a Elici..	83	112	131	153	170	321	349	357
Quiesa.......	131	152	300	421	»	452	517	529
Stiava.......	154	142	201	319	349	593	641	649
Torre del Lago.	» (*)	»	»	»	221	387	545	566
Montigiano...	169	183	224	194	227	225	242	243

Il résulte de cet état que la population de l'arrondissement de Viareggio, composée des onze paroisses désignées ci-dessus, qui était, en 1733, de 1509 habitans, s'est trouvée être, en 1823, de 9408 habitans, c'est-à-dire que, dans cet intervalle de 90 ans, le nombre des habitans s'est à-peu-près doublé tous les 36 ans.

(*) Le nombre d'habitans correspondans aux années marquées par un » ne s'est point trouvé.

Etat de la population de Camajore dans

les années	1744	1758	1776	1782	1822	1823
habitans,	3680	3980	4084	4252	5043	5075.

Augmentation en 79 ans, 1395 habitans.

Etat de la population de Montignoso dans

les années	1733	1744	1811	1813	1823	1824
habitans,	865	921	734	763	1241	1320.

Augmentation, depuis la construction de l'écluse du Cinquale en 1811 jusqu'en 1824, 586 habitans.

Etat de la population de Pietra-Santa et des paroisses voisines de Querceta, Vallecchia et la Capella.

	En 1819.	En 1824.
Pietra-Santa,	5581	6669 habitans.
Querceta,	563	717
Vallecchia,	1182	1335
La Capella,	901	1031.
Total,	8227	9752.

Augmentation en 6 ans, 1525 habitans.

J'aurais desiré donner à ces tables plus d'étendue, et surtout y joindre des tableaux comparatifs de la mortalité aux différentes époques que nous avons considérées; mais ne voulant faire usage que des nombres fournis par des recensemens authentiques, j'ai dû me borner aux données qui pouvaient être extraites des archives publiques, d'autant plus qu'aucun autre événement n'ayant eu d'influence sur l'état du pays, il ne peut

rester aucun doute, après les faits que nous avons racontés, sur la cause de l'accroissement rapide, je dirai presque merveilleux, qui a eu lieu dans la population depuis la construction des écluses, accroissement qui ne s'arrêtera qu'au moment où, comme dans le reste des états de Lucques, dont la population est stationnaire ou du moins très-lentement progressive, l'équilibre sera établi entre le nombre des habitans et les subsistances qu'ils peuvent tirer de leur sol fertile.

Maintenant que le fait de l'assainissement de l'air, par l'exclusion des eaux de la mer des marais de Massaciuccoli, de Motrone et du Cinquale, est bien établi, il se présente une série de questions dont la solution pourrait seule conduire à l'expliquer.

1°. Est-ce bien du simple mélange des eaux douces et des eaux salées que se développaient les miasmes pestilentiels qui infectaient l'air de ces contrées, ou bien ces principes étaient-ils le résultat de la destruction et de la corruption des espèces végétales et animales qui, ne pouvant vivre dans l'eau de mer, étaient détruites par l'introduction de ces eaux?

2°. Dans l'un ou dans l'autre cas, quels étaient les changemens chimiques opérés dans les mélanges, la nature des émanations délétères, le degré de chaleur nécessaire à leur production, l'influence du sol et de la vase des marais, etc.?

3°. Quelle était leur action sur la vie? Jusqu'à quelle distance pouvait-elle s'étendre? Et en général par quelles circonstances pouvait-elle être modifiée? Etc.

De nouvelles expériences entreprises avec toutes les ressources de la science pourront seules répondre à ces

questions. C'est, à mon avis, sur des mélanges artificiels et variés qu'on devrait opérer. On devrait étudier successivement le mélange simple des deux eaux, le mélange mis en contact avec la vase extraite du fond des marais, le mélange des eaux et des substances animales et végétales en putréfaction, les changemens chimiques que feraient lentement éprouver à ces mélanges différens degrés de température; la nature des produits, et surtout des vapeurs et des substances tenues en dissolution par ces vapeurs; le mode d'action sur la vie des animaux, soit des mélanges, soit des vapeurs extraites de ces mélanges et recueillis par quelque moyen artificiel, soit de l'air imprégné de ces vapeurs; la comparaison de ces produits artificiels avec ceux des pays où le mélange se fait encore naturellement.

Voilà un vaste champ ouvert à des recherches difficiles, délicates, dispendieuses, où l'on peut, nous n'en doutons pas, cueillir une large moisson de résultats nouveaux pour la science, utiles pour l'humanité.

Quant à nous, tout en désirant que les circonstances nous permettent un jour d'y tenter quelques exploitations, nous reconnaissons que des connaissances plus étendues et plus variées sont nécessaires au succès, et nous appelons de tous nos voeux l'attention des savans sur un sujet aussi intéressant.

Lucques, 28 avril 1825.

Sur *les Combinaisons de l'antimoine avec le chlore et le soufre.*

Par Mr Henri Rose.

I. *Combinaisons de l'antimoine avec le chlore.*

Il est connu qu'on obient une combinaison solide d'antimoine et de chlore, qui se fond à une chaleur très-modérée, quand on distille de l'antimoine pulvérisé avec un excès de sublimé corrosif. Elle attire l'humidité de l'air et se convertit en une liqueur semblable à une émulsion (1). Traitée avec de l'eau, elle se change, sans qu'elle s'échauffe, en acide hydrochlorique et en une combinaison d'oxide d'antimoine et de chlorure d'antimoine. Cette poudre blanche, qui se précipite en mêlant ce chlorure avec de l'eau, se volatilise tout-à-fait si on la chauffe au chalumeau dans un petit matras; elle ne contient donc ni de l'acide antimonieux ni de l'acide antimonique. Mais comme ce chlorure d'antimoine est changé par l'eau en acide hydrochlorique et en oxide d'antimoine, il est nécessaire qu'il lui corresponde; et comme l'oxide d'antimoine contient 3 atomes d'oxigène,

---

(1) Le beurre d'antimoine ordinaire dans les pharmacies, qui forme une liqueur claire, n'est pas une dissolution de chlorure d'antimoine solide dans un peu d'eau, mais dans l'acide hydrochlorique; car les pharmacopées prescrivent pour sa préparation une quantité d'acide hydrochlorique plus grande qu'il n'est nécessaire pour la formation du chlorure d'antimoine solide.

il est nécessaire que l'antimoine soit combiné avec 3 atomes de chlore dans le chlorure d'antimoine solide, ou qu'il contienne,

Antimoine,	54,85;
Chlore,	45,15.
	100,00.

Cependant comme l'analyse que M. John Davy a faite de ce chlorure solide d'antimoine donne un résultat différent (1), je l'ai analysé de la manière suivante : j'ai versé de l'eau sur une quantité de ce chlorure, et j'ai ajouté de l'acide tartrique, jusqu'à ce que le liquide fût parfaitement clair, et qu'il ne devînt pas laiteux par l'addition nouvelle d'une grande quantité d'eau. J'ai fait passer alors un courant d'hydrogène sulfuré à travers le liquide, jusqu'à cessation de précipité de sulfure d'antimoine : ce sulfure, qui avait une couleur orange, a a été lavé sur un filtre, pesé et séché, puis fondu dans un tube de verre; il a donné un sulfure d'antimoine noir, et seulement des traces de soufre : c'était donc le sulfure d'antimoine avec 3 atomes de soufre, précisément celui qui devait se former dans cette circonstance. Mais comme il contenait des traces d'un excès de soufre, à cause de l'hydrogène sulfuré qui avait passé très-longtemps par la liqueur, j'ai chauffé une partie de ce sul-

(1) D'après M. John Davy, ce chlorure contient :

Antimoine,	60,42;
Chlore,	39,58.
	100,00.

fure dans une boule soufflée au milieu d'un tube de verre, et j'ai fait passer sur le sulfure de l'hydrogène desséché par le chlorure de calcium. Le sulfure d'antimoine a été décomposé; on a obtenu de l'antimoine, de l'hydrogène sulfuré et des traces de soufre.

La liqueur, séparée du sulfure d'antimoine, a été chauffée doucement pour volatiliser l'hydrogène sulfuré, mais non l'acide hydrochlorique, qui ne peut être séparé de l'eau par la chaleur quand il est mêlé avec elle en petite proportion. L'acide hydrochlorique a été précipité ensuite par le nitrate d'argent. Le chlorure d'argent obtenu avait cependant une couleur noirâtre, à cause d'un peu de sulfure d'argent mêlé avec lui. Cette analyse a donné pour résultat 1,937 gr. d'antimoine et 6,886 gr. de chlorure d'argent, qui correspondent à 1,699 gr. de chlore. Le chlorure d'antimoine est donc composé de:

Antimoine,	53,27;
Chlore,	46,73.
	100,00.

Ce résultat serait beaucoup plus d'accord avec le calcul si j'avais obtenu le chlorure d'argent tout-à-fait exempt de sulfure d'argent.

On obtient un autre chlorure d'antimoine si l'on fait passer un courant de chlore sec sur de l'antimoine métallique chauffé. L'antimoine brûle vivement dans le gaz en jetant des étincelles pendant qu'il se forme une liqueur très-volatile. Cette liqueur est blanche ou d'une très-légère teinte jaunâtre; elle contient en même temps du chlorure de fer si l'antimoine employé contenait de ce

métal. Le chlorure reste cependant au fond du vase et ne se dissout pas dans la liqueur. Celle-ci ressemble, dans toutes ses propriétés extérieures, à l'esprit fumant de Libavius; elle a une odeur forte et désagréable et fume dans l'air. Exposée à l'air, elle attire l'eau et se change en une masse blanche, dans laquelle se forment des cristaux blancs qui se fondent après, sans que la solution devienne laiteuse. Ce phénomène provient de la propriété qu'a le chlorure d'antimoine liquide, qu'il partage aussi avec l'esprit fumant de Libavius, de former une masse cristalline si on le mêle avec un peu d'eau.

Le chlorure liquide d'antimoine s'échauffe fortement si on le mêle avec une quantité d'eau plus grande. Il devient laiteux, et il se forme un précipité qui se comporte tout-à-fait comme l'hydrate d'acide antimonique. En le chauffant doucement, il donne de l'eau et devient jaunâtre; mais à une chaleur élevée, il devient blanc. La liqueur contient de l'acide hydrochlorique. Puisque le chlorure d'antimoine liquide se change par l'eau en acide hydrochlorique et en acide antimonique, qui contient 5 atomes d'oxigène sur 1 atome d'antimoine, il s'ensuit que ce chlorure contient 5 atomes de chlore sur 1 d'antimoine, ou

Antimoine,	42,15,
Chlore,	57,85.
	100,00.

J'ai analysé le chlorure d'antimoine liquide exactement de la même manière que le chlorure solide. J'ai obtenu par l'hydrogène sulfuré un sulfure d'antimoine,

qui avait aussi une couleur orange, mais qui était cependant un peu plus pâle que le sulfure que j'avais obtenu en analysant le chlorure solide. Il contenait 5 atomes de soufre sur 1 atome d'antimoine. Traité avec de l'hydrogène sec, il s'est changé en antimoine métallique et en soufre, et il s'est dégagé de l'hydrogène sulfuré. J'ai obtenu 1,980 gr. d'antimoine métallique, et la liqueur séparée du sulfure et précipitée par le nitrate d'argent, a donné 11,764 gr. de chlorure d'argent, qui correspondent à 2,902 gr. de chlore. Le chlorure d'argent contenait cependant un peu plus de sulfure d'argent que celui obtenu dans l'analyse du chlorure solide. Le résultat de l'analyse est donc 40,56 d'antimoine et 59,44 de chlore; ce qui diffère du résultat calculé : la différence n'est cependant produite que par le sulfure d'argent qui est resté mêlé avec le chlorure.

Ce n'est pas le chlorure d'antimoine liquide que l'on obtient si l'on fait passer du chlore sec sur le sulfure d'antimoine à 3 atomes de soufre, mais c'est le chlorure d'antimoine solide et le chlorure de soufre qui se forment. On peut séparer le chlorure de soufre du chlorure d'antimoine en les chauffant dans un verre d'une embouchure très-étroite à une température modérée : il y reste alors seulement le chlorure d'antimoine. C'est le même produit qui se forme lorsqu'on analyse le cuivre gris avec le chlore. On obtient aussi seulement $SbCh^3$ et SCh^2. Il ne se forme pas un chlorure double; le chlorure de soufre nage sur le chlorure d'antimoine solide. Chauffé à une température très-modérée, seulement pour fondre le chlorure d'antimoine, celui-ci se dissout tout-à-fait dans le chlorure de soufre, et forme avec lui une liqueur

homogène; mais le chlorure d'antimoine se précipite en cristaux en refroidissant. C'est un moyen de se procurer de grands cristaux de ce chlorure ; mais il faut le filtrer subitement avec du papier brouillard pour les séparer autant que possible du chlorure de soufre adhérent.

Il est remarquable que le chlorure d'antimoine liquide n'est produit que par l'action du chlore sur l'antimoine métallique, mais qu'il ne se forme pas si l'on fait agir le chlore sur le sulfure d'antimoine (1).

II. *Combinaisons de l'antimoine avec le soufre.*

J'ai fait beaucoup d'essais sur les sulfures d'antimoine, et je n'en ai trouvé que trois qui correspondent aux oxides de ce métal.

Le sulfure d'antimoine avec trois atomes de soufre a

---

(1) J'ai fait plusieurs fois l'essai de faire passer le chlore sur le sulfure d'antimoine, et j'ai obtenu toujours le même résultat. Je m'étais imaginé, par des raisons dont je parlerai plus tard, qu'il se formait à cette occasion $Sb\,Ch^5$; je n'obtenais cependant que $Sb\,Ch^3$ si je chassais le chlorure de soufre. Je fus conduit alors à l'opinion que 2 atomes de chlore étaient séparés du chlorure d'antimoine, et qu'ils s'en étaient allés avec le chlorure de soufre, avec lequel ils avaient formé peut-être $S\,Ch^4$. Je fis passer alors du chlore par le chlorure de soufre, et je le purifiai soigneusement par la distillation du soufre dissous, pour trouver un tel chlorure de soufre. Le chlorure de soufre prit, il est vrai, une couleur un peu plus foncée ; mais il n'y avait pas d'autre changement, quoique je fisse passer le chlore long-temps.

des couleurs différentes. Celui qu'on trouve dans la nature est d'un gris de plomb. Nous connaissons sa composition par Berzelius. Il est analogue à l'oxide d'antimoine, qui contient 3 atomes d'oxigène, parce qu'il se dissout sans résidu dans l'acide hydrochlorique, en ne dégageant que de l'hydrogène sulfuré.

On obtient le même sulfure d'antimoine en faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré par une dissolution qui contient de l'oxide d'antimoine ; mais il a une couleur orange, presque semblable à celle du soufre doré. Il devient brunâtre en se desséchant, et prend alors un aspect plus semblable au kermès. On obtient ce même sulfure en faisant passer de l'hydrogène sulfuré par une dissolution d'émétique, ou par une dissolution de beurre d'antimoine dans l'eau et l'acide tartrique.

Le kermès minéral a, comme M. Berzelius l'a démontré le premier, exactement la même composition. Sa couleur est cependant rouge-brunâtre (1).

Le deutosulfure d'antimoine avec quatre atomes de soufre a une couleur orange, qui ressemble beaucoup à celle du soufre doré. Il se forme si l'on fait passer de l'hydrogène sulfuré par une dissolution d'acide antimonieux. Il ne faut pas cependant ajouter de l'acide tar-

---

(1) J'ai analysé un kermès que j'avais préparé en faisant digérer du sulfure d'antimoine noir avec une dissolution de carbonate de potasse. Je l'ai séché à une température modérée, jusqu'à ce qu'il ne contînt plus d'eau hygroscopique, et je l'ai décomposé par l'hydrogène. 0,719 gr. de kermès m'ont donné 0,520 gr. d'antimoine : sa composition était donc 72,32 antimoine et 27,68 soufre.

trique pour pouvoir étendre la liqueur avec de l'eau, mais seulement de l'acide hydrochlorique (1). Le meilleur moyen de se procurer une dissolution d'acide antimonieux, c'est de dissoudre de l'antimoine dans l'eau régale et d'évaporer la solution à siccité. On fait rougir alors l'acide antimonique qui s'est formé pour le changer en acide antimonieux; on fond celui-ci avec de la potasse caustique, et on traite la masse fondue avec de l'acide hydrochlorique et de l'eau jusqu'à ce qu'on aie une liqueur claire. J'ai précipité cette dissolution avec de l'hydrogène sulfuré; le sulfure obtenu, après l'avoir séché soigneusement, a été décomposé par l'hydrogène. J'ai obtenu, dans un essai, 1,305 gr. d'antimoine de 1,973 gr. de sulfure, et dans un autre 0,977 gr. d'antimoine de 1,468 gr. de sulfure. Il est donc composé, d'après le premier essai, de

Antimoine,	66,14;
Soufre,	33,86;
	100,00;

et d'après l'autre, de

Antimoine,	66,55;
Soufre,	33,45.
	100,00.

(1) On obtient des résultats très-remarquables si l'on ajoute de l'acide tartrique à l'acide antimonieux. J'en ferai l'objet d'un Mémoire particulier.

La composition calculée est

Antimoine,	66,72 ;
Soufre,	33,28.
	100,00.

Le sulfure d'antimoine avec 5 atomes de soufre sur un de métal, qui correspond à l'acide antimonique, et qui, d'après le calcul, contient 61,59 d'antimoine et 38,41 de soufre, est réalisé dans le *soufre doré* des pharmaciens. Les différentes méthodes de sa préparation sont connues. On l'obtient aussi si l'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré par les dissolutions qui contiennent de l'acide antimonique comme, par ex., par les dissolutions du chlorure d'antimoine liquide dans l'eau, auxquelles on a ajouté de l'acide tartrique. Le précipité qu'on obtient a une couleur orange plus pâle que celle du précipité produit dans les dissolutions de l'oxide d'antimoine, et ne change pas de couleur en se desséchant.

J'ai analysé le soufre doré de deux manières; je l'ai séché à une chaleur insuffisante pour le décomposer jusqu'à ce qu'il ne diminuât plus de poids. Il avait perdu alors toute son humidité hygroscopique. J'en ai fait ordinairement l'analyse en conduisant un courant d'hydrogène sec sur le soufre doré chauffé. Il se formait de l'hydrogène sulfuré, mais jamais de l'eau; il se sublimait du soufre, et l'antimoine métallique restait. Je l'ai aussi analysé avec de l'eau régale, à laquelle j'ajoutais de l'acide tartrique. J'ai séparé le soufre, qui ne se dissolvait pas, et j'ai précipité l'acide sulfurique par le chlorure de barium : cette méthode est cependant plus

longue que l'analyse avec l'hydrogène. On n'obtient pas un résultat exact en fondant le soufre doré dans un petit matras pour le changer en sulfure d'antimoine à trois atomes de soufre, et en calculant la composition du premier par le poids du dernier, non-seulement parce que le sulfure d'antimoine n'est pas absolument fixe, mais aussi parce qu'il se forme de l'oxide d'antimoine par l'air du matras, qui produit un *crocus antimonii* avec le soufre sublimé dans le col du matras.

Je ne cite pas les résultats des analyses que j'ai faites de ce sulfure d'antimoine au *maximum*, parce qu'ils diffèrent trop peu du résultat calculé.

III. *Combinaisons du sulfure d'antimoine avec l'oxide d'antimoine.*

On nomme dans le pharmacies, comme on sait, *crocus* et *nitrum antimonii* les combinaisons dans lesquelles le sulfure d'antimoine peut être combiné avec l'oxide d'antimoine en beaucoup de proportions. On a pris aussi le kermès pour une telle combinaison. M. Berzelius a démontré cependant qu'il ne diffère pas dans sa composition du sulfure d'antimoine avec 3 atomes de soufre, et l'analyse du kermès que j'ai décrit plus haut le confirme.

Il existe cependant une combinaison du sulfure d'antimoine avec l'oxide en proportion fixe, et c'est le kermès natif des minéralogistes (*Rothspiesglanzerz*). Le résultat de l'analyse que j'ai faite diffère beaucoup de celui que Klaproth a trouvé, parce qu'il a supposé que toute la quantité d'antimoine était en même temps oxidée et sulfurée, et qu'il n'a déterminé que la quan-

tité de l'antimoine (1). J'ai analysé le Rothspiesglanzerz de Braunsdorf près de Freiberg en Saxe, que M. Weiss a bien voulu me donner pour ce but. L'analyse a été faite par l'hydrogène de la même manière que celles des différens sulfures d'antimoine. J'ai ajouté cependant à l'appareil un tube pesé contenant du chlorure de calcium, pour faire absorber l'eau formée. J'ai obtenu dans un essai 0,676 gr. d'antimoine et 0,054 gr. d'eau, de 0,908 gr. du minéral, ou 74,45 p. c. d'antimoine et 5,29 d'oxigène; et dans un autre faite avec 0,978 gr. du minéral, 0,740 gr. d'antimoine, et 0,047 gr. d'eau, ou 75,66 p. c. d'antimoine et 4,27 d'oxigène. J'ai dissous ensuite 0,340 gr. du minéral dans de l'eau régale; j'ai ajouté à la dissolution de l'acide tartrique, et j'ai précipité par le chlorure de barium. J'ai obtenu 0,517 gr. de sulfate de baryte, qui correspondent à 20,47 p. c. de soufre.

Si l'on prend le terme moyen de l'oxigène des deux premières analyses, qui est 4,78 p. c., et si l'on y ajoute une quantité d'antimoine nécessaire pour former de l'oxide d'antimoine, la quantité de métal restante suffit, si l'on néglige de petites erreurs d'observation, pour former avec le soufre le sulfure d'antimoine à 3 atomes de soufre.

---

(1) Beiträge, t. III, p. 182. La composition de ce minéral est, d'après lui :

Antimoine,	67,8;
Oxigène,	10,80;
Soufre,	19,70.
	98,3.

On trouvera encore que la quantité de l'oxide d'antimoine est à la quantité du sulfure comme le poids d'un atome du premier est au poids de deux atomes du dernier, de sorte que le kermès natif consiste en 1 atome d'oxide d'antimoine et en 2 atomes de sulfure d'antimoine, ou en

Sulfure d'antimoine,	69,86;
Oxide d'antimoine,	30,14.

La formule chimique est donc $\dddot{S}b + 2\,Sbs^{3}$ que M. Berzelius avait déjà supposée pour la composition du kermès natif. Cette composition est remarquable, parce qu'elle offre le seul exemple d'un oxisulfure qui soit cristallisé, et qui se trouve dans la nature.

Examen *d'une Matière colorante bleue particulière à certaines urines* (1).

Par Mr Henri Braconnot,
Correspondant de l'Institut.

Une jeune fille de mes parentes, âgée de quinze ans et paraissant jouir d'une assez bonne santé, malgré des maux d'estomac dont elle est depuis long-temps affectée, a rendu dernièrement, après avoir ressenti des

(1) Les médecins de l'antiquité ont fait mention d'urines bleues plus ou moins foncées; mais il ne paraît pas que les chimistes aient examiné la matière qui les colore. Hippocrate

douleurs plus vives que de coutume, une urine d'un jaune obscur, qui a laissé déposer un sédiment d'une couleur bleue azurée. Peu de jours après avoir recueilli ce sédiment, je n'ai pas été médiocrement surpris de recevoir de M. le Dr Castara, de Lunéville, un petit flacon contenant une urine d'un bleu si foncé qu'elle paraissait noire.

Ce qu'il y a de bien remarquable dans l'observation que M. Castara possède, c'est que le malade qui en fait le sujet a eu des vomissemens de même couleur que l'urine. Il y a deux ans que cette personne a déjà vomi et uriné comme elle vient de le faire. Sans doute que M. Castara fera connaître les circonstances et les symptômes qui accompagnent la production de la matière bleue urinaire : en attendant et d'après son invitation, je vais exposer les caractères que je lui ai reconnus. Cette matière, qui était retenue en suspension, ne s'est déposée qu'avec difficulté par le repos; mais on peut la recueillir sur un filtre, qui la sépare très-facilement de l'urine. Nous dirons plus bas ce que celle-ci nous a offert de particulier, pour ne nous occuper maintenant que de la matière bleue.

Bien lavée, cette matière est pulvérulente, d'une extrême ténuité, insipide, inodore, d'une teinte plus foncée que celle du bleu de Prusse; ce qui avait fait penser à M. Castara qu'elle devait sa couleur à cette

---

et Galien ont aussi observé que ce liquide a quelquefois une couleur noire et dépose un sédiment de cette couleur. On a encore parlé d'urines rouges, dont l'intensité de la teinte varie depuis le rose jusqu'au rouge de feu.

combinaison ; mais il lui a été facile de se convaincre du contraire. Cette matière s'attache facilement aux doigts et au papier, et y laisse des traces d'un bleu très-foncé. L'eau froide ne paraît avoir aucune action sur elle : si on la fait bouillir avec ce liquide, on obtient une liqueur très-légèrement brunâtre, qui prend une teinte rose avec les acides, ce qui prouve une légère solubilité. L'alcool rectifié bouillant montre plus de disposition à dissoudre la matière colorante bleue que l'eau bouillante, et lui communique une couleur verdâtre. La liqueur filtrée bouillante laisse déposer en refroidissant un léger sédiment d'un bleu foncé, qui a paru avoir une légère contexture cristalline ; évaporée, cette liqueur a laissé la matière bleue, laquelle, redissoute dans un acide affaibli, a laissé une petite quantité de matière grasse ayant la consistance de la poix. Les alcalis n'ont point d'affinité avec cette matière bleue, ou s'ils la dissolvent, elle éprouve une altération sensible. Chauffée avec une dissolution très-étendue de carbonate de potasse, elle ne s'y dissout pas d'une manière bien appréciable, quoique la liqueur prenne une couleur rougeâtre très-faible qui n'est point avivée par les acides. Une légère dissolution de potasse caustique, chauffée avec la matière bleue, la dissout en partie ; il en résulte une liqueur brunâtre, rougissant faiblement avec un acide : de l'ammoniaque ajoutée au mélange y forme un précipité floconneux pur, et la liqueur surnageante est décolorée. Les acides affaiblis s'unissent à la matière bleue avec beaucoup de facilité ; on obtient des dissolutions brunâtres lorsqu'elles sont au *minimum* d'acide, et d'un beau rouge lorsqu'elles en contiennent une plus

grande quantité. L'ammoniaque, l'eau de chaux, la magnésie, le carbonate de chaux, la morphine et généralement toutes les matières alcalines précipitent la matière bleue de ces dissolutions. Croyant apercevoir dans cette matière bleue les caractères d'une base salifiable organique, je l'ai fait chauffer avec de l'eau rendue aigrelette par une petite quantité d'acide sulfurique affaibli; j'avais aussi en vue, dans ce traitement, de la priver d'un peu de mucus qu'on aurait pu y soupçonner, et sur lequel, comme on le sait, l'acide sulfurique affaibli n'agit pas sensiblement. J'ai obtenu par ce moyen une dissolution d'un jaune brunâtre presque neutre, qu'un excès d'acide faisait passer au rouge vif. Cette dissolution brunâtre, évaporée à une douce chaleur, a laissé un résidu d'un rouge carminé magnifique; redissous dans un peu d'eau, la belle couleur rouge disparaît aussitôt et passe au jaune brunâtre; mais, par une nouvelle évaporation, la couleur rouge reparaît avec tout son éclat. L'eau agit sans doute ici en affaiblissant l'action de l'acide sur la matière colorante qu'il retient en dissolution. Cette combinaison rouge, mise en petite quantité dans la bouche, paraît avoir une légère acrimonie; elle colore la salive en bleu, et il s'en dépose un sédiment de même couleur qui ne peut être produit que par la soude contenue dans cette humeur.

La combinaison rouge appliquée sur la porcelaine y laisse des taches qui paraissent d'un rouge carminé par la lumière transmise, et d'un jaune rougeâtre brillant métallique comme de l'or, par la lumière réfléchie. Ces taches finissent par repasser au bleu, sans doute par la présence de l'ammoniaque contenue assez souvent

dans l'air. Abandonnée à elle-même, cette combinaison suffisamment rapprochée a donné une multitude de petits cristaux aciculaires d'un rouge de rubis, que j'avais supposés devoir être le résultat de la combinaison de la matière bleue avec l'acide sulfurique; mais ayant traité cette combinaison rouge par l'alcool, elle s'y est dissoute en colorant le liquide en brun, comme cela arrive avec l'eau, et il est resté des cristaux incolores qui n'étaient que du sulfate de chaux provenant du carbonate de chaux du filtre sur lequel on avait recueilli la matière bleue : cependant la liqueur alcoolique, évaporée spontanément, a reproduit d'autres petits cristaux rouges dont je n'ai pu déterminer la forme. Les ayant redissous dans un peu d'eau, et après avoir ajouté à la liqueur brune qui en est résultée un peu de magnésie ou de morphine, celles-ci en ont précipité toute la matière colorante bleue.

La même substance, mise en contact avec l'acide sulfurique concentré, lui communique aussi une couleur rouge qui passe au jaune brunâtre après quelque temps de séjour. L'acide muriatique très-étendu dissout aussi avec une grande facilité la matière bleue; il en est de même de l'acide oxalique et des autres acides végétaux : ces dissolutions offrent d'ailleurs à-peu-près les mêmes phénomènes de coloration que ceux que nous venons de rapporter, et sont toutes précipitées en bleu par l'ammoniaque, la magnésie, la morphine..... Les dissolutions de la matière bleue dans les acides appliqués sur les doigts y laissent des taches bleues : lorsqu'on vient à toucher quelques matières alcalines, ces taches adhèrent fortement à la peau, et ne disparaissent que diffici-

lement par le lavage et le frottement ; la soie plongée dans ces dissolutions, puis dans de l'eau alcalisée, y prend une couleur d'un bleu grisâtre. L'acide gallique à chaud dissout aussi la matière bleue ; il en résulte une combinaison violette qui ne change point de nuance par l'évaporation, ni par l'eau, qui la dissout facilement à froid.

L'acide acétique étendu est de tous les acides que j'ai essayé d'unir à la matière bleue, celui qui a montré le moins de disposition à la dissoudre et à se combiner avec elle : on parvient, il est vrai, à obtenir, à l'aide de la chaleur, une dissolution d'un jaune brunâtre; mais si on l'évapore, elle abandonne l'acide acétique et laisse pour résidu la matière bleue avec toute ses propriétés. Le sédiment bleu, séparé du filtre par l'acide nitrique affaibli, a été traité à la chaleur par le même acide plus concentré, et il est resté après l'évaporation un résidu jaune amer, styptique, qui n'est nullement devenu rougeâtre par la dessiccation ni par l'addition d'un peu d'ammoniaque, comme cela arrive avec l'acide urique. L'eau de chaux versée dans ce résidu redissous dans l'eau y a formé un précipité soluble dans le vinaigre distillé. L'ammoniaque en a aussi séparé un léger dépôt floconneux coloré qui avait toute l'apparence du phosphate de chaux ferrugineux. L'hydro-cyanate de potasse a formé avec le temps, dans la même liqueur, un précipité bleu qui indique la présence du fer. Ce métal provient-il de la matière urinaire bleue, ou bien du filtre sur lequel on l'avait recueilli ? C'est ce que je ne saurais déterminer avec précision quant à présent. La matière bleue précipitée par la magnésie de sa dissolu-

tion dans l'acide sulfurique, me paraissant assez pure, a été chauffée au rouge dans un tube de verre, dans la partie supérieure duquel on avait introduit un papier rougi par le tournesol, qui est devenu bleu; il s'est déposé sur les parois du tube de l'huile empyreumatique, et il est resté beaucoup de charbon qui m'a paru contenir de l'oxide de fer. La même substance bleue obtenue de la dissolution dans l'alcool bouillant a pareillement donné un produit ammoniacal : elle paraît donc contenir de l'azote.

Il résulte des expériences que je viens de rapporter que le sédiment urinaire dont il s'agit est formé presque en totalité d'une matière bleue très-particulière, d'une petite quantité de matière grasse poissante, de phosphate de chaux, et probablement de mucus et peut-être d'oxide de fer. Si on considère le peu de solubilité de la matière bleue dans l'eau et dans les alcalis, et avec lesquels elle n'est pas susceptible de contracter d'union; son aptitude, au contraire, à se combiner aux acides et la grande quantité de carbone qu'elle contient, on sera, je pense, assez disposé à l'assimiler aux bases salifiables organiques : il est vrai que, comme quelques-unes de ces dernières, elle ne paraît pas former avec les acides des sels neutres, mais des combinaisons acides solubles. Pour désigner cette nouvelle substance, je propose le nom de *cyanourine*.

Il me reste encore à rapporter ce que j'ai remarqué de particulier à l'urine séparée par le filtre de son sédiment bleu. Elle est limpide et d'un jaune brunâtre; son odeur était celle qui caractérise l'urine récente; elle rougissait d'ailleurs très-distinctement le papier teint en bleu par

le tournesol. Exposée à la chaleur, elle s'est décolorée en partie, a perdu sa couleur brunâtre, et il s'est déposé un sédiment d'un noir extrêmement foncé, très-soluble dans les acides affaiblis, ainsi que dans l'urine elle-même concentrée par l'évaporation. Les alcalis affaiblis ont paru avoir peu d'action sur cette matière noire. Quoiqu'elle me semble avoir de l'analogie avec la cyanourine, elle en diffère par sa couleur et en ce que ses dissolutions acides ne sont point rouges, mais brunes foncées. On pourrait nommer cette matière *mélanourine.* Il me paraît fort probable que c'est elle qui colore certaines urines en noir. N'ayant eu à ma disposition qu'une très-petite quantité de cette matière, je n'ai pu la soumettre à un examen plus approfondi ; au reste, l'urine dont il s'agit m'a fourni la même quantité d'urée, ainsi que les autres substances qui existent naturellement dans l'urine ; mais ce qui m'a paru remarquable, c'est qu'il m'a été impossible, malgré tous les soins que j'ai pris, d'y reconnaître les moindres indices de la présence de l'acide urique, ainsi que dans son sédiment bleu. Celui-ci semblerait donc être le résultat d'un changement tout particulier dans les élémens de l'acide urique, qui, comme on le sait, est susceptible d'un assez grand nombre d'altérations avec les réactifs. C'est encore lui qui paraît produire l'acide rosacique dans les urines critiques, sur la fin de quelques maladies.

Depuis la rédaction de ces recherches, j'ai trouvé, dans les *Archives générales de Médecine,* t. II, p. 104, l'analyse d'une urine bleue, lue à l'Institut par M. Julia, dans laquelle j'espérais trouver des détails plus satisfai-

sans sur son principe colorant; mais ce chimiste se borne à dire ce qui suit : « Je désespérais de parvenir à » découvrir la nature de cette substance colorante, lors- » que quelques gouttes de deutoxide de potassium que » j'y versai en opérèrent de suite la décoloration, et y » formèrent un précipité rougeâtre; il en fut de même » par la soude et la chaux. Par l'effet de ces trois réac- » tifs, je jugeai que cette couleur bleue était due à » l'existence de l'hydrocyanate de fer dans cette urine. » Pour en acquérir la certitude, j'ajoutai à cette liqueur » décolorée une solution de sulfate de fer qui la rétablit » de suite. »

Malgré l'estime particulière que je porte aux talens de M. Julia, je suis bien loin de penser qu'on puisse conclure d'une pareille expérience, tout-à-fait isolée, l'identité du bleu de Prusse avec la matière bleue urinaire, surtout lorsqu'on observe avec M. Julia que cette matière colorante était en dissolution dans l'urine.

Nancy, le 11 juillet 1825.

MÉMOIRE *sur l'Attraction qui se manifeste, à des distances sensibles, entre des surfaces solides, mouillées par un liquide dans lequel elles sont submergées.*

PAR Mr P. S. GIRARD.

L'EXPÉRIENCE a depuis long-temps appris que la surface de certains corps solides peut être mouillée par cer-

tains liquides qui n'ont pas la propriété de mouiller la surface de certains autres corps.

Ainsi le mercure, qui jouit de la faculté de mouiller plusieurs métaux, et d'adhérer à leur surface, est privé de la faculté de mouiller la surface du verre, du bois et de beaucoup d'autres substances.

L'expérience a pareillement appris que la surface d'un même corps solide, susceptible d'être mouillée successivement par divers liquides, était, dans les mêmes circonstances, mouillée diversement suivant la nature de ceux-ci.

On sait, par exemple, qu'à la même température, une lame de verre mouillée d'alcool retient adhérente à sa surface une couche de cette liqueur plus épaisse que la couche d'eau qui adhère à cette même surface de verre lorsqu'elle est mouillée par ce dernier fluide.

Cette propriété des corps solides de retenir à leurs surfaces une couche plus ou moins épaisse du liquide qui les mouille, se manifeste surtout lorsque ces corps sont réduits en molécules très-ténues, et que ces molécules se trouvent disséminées dans le liquide en assez grande quantité pour que, par l'effet de leur rapprochement, les atmosphères qui leur sont adhérentes se pénètrent mutuellement. Alors l'expérience démontre que, par l'intermède de ces atmosphères, les molécules solides qui en sont entourées tendent à se rapprocher les unes des autres avec d'autant plus de force qu'elles sont déjà plus rapprochées : actions et réactions mutuelles qui, se transmettant au fluide interposé, le soumettent en tout sens à des pressions nouvelles dont on peut, à l'aide de l'aréomètre, apprécier l'intensité.

J'ai fait voir, dans un de mes précédens Mémoires (1), comment le degré de cet instrument différait alors, et devait réellement différer de celui par lequel serait indiquée la pesanteur spécifique du mélange formé du liquide et des molécules solides qui y sont disséminées. Dans ce dernier cas, la pesanteur spécifique indiquée par l'instrument n'exprime autre chose que la force avec laquelle chaque molécule du mélange considéré comme homogène gravite vers le centre de la terre; tandis que, dans le premier cas, l'aréomètre indique non-seulement la pesanteur spécifique du liquide pur interposé entre les molécules solides qui y sont suspendues, mais encore la force avec laquelle ce liquide gravite sur toutes ces molécules.

Quoique les expériences par lesquelles ces faits ont été constatés ne laissent point d'incertitude, cependant l'importance de ces faits et de leurs conséquences en exigeait la confirmation par d'autres procédés.

J'ai donc pensé à rendre sensible sur de grandes surfaces susceptibles d'être mouillées par un liquide, l'attraction qu'elles exercent l'une sur l'autre par l'intermède de ce liquide, et à mesurer rigoureusement, s'il était possible, l'intensité de cette action, à raison de la distance à laquelle elle s'exerce.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'appareil que j'ai fait construire à cet effet.

---

(1) *Mémoire sur les Atmosphères liquides, et leur influence sur les molécules solides qu'elles enveloppent.* (Mémoires *de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France*, tome IV, années 1819 et 1820.)

Si l'on imagine deux surfaces solides parfaitement planes, suspendues verticalement dans un liquide susceptible de les mouiller, la couche de ce liquide qui leur sera adhérente formera sur chacune d'elles une espèce d'enveloppe fixe. Si maintenant on rapproche l'une de l'autre les deux surfaces mouillées, à une distance assez petite pour que leurs enveloppes liquides se pénètrent, ces surfaces, d'après ce qui précède, devront s'attirer mutuellement avec d'autant plus de force que leur distance sera moindre.

Afin de rendre sensible, et d'apprécier l'effet de cette force, concevons qu'en écartant de la verticale suivant laquelle on les suppose suspendues librement, on rapproche les deux surfaces mouillées à une distance déterminée l'une de l'autre.

Si cette distance est plus grande que la double épaisseur de la couche liquide adhérente à chacune d'elles, ces deux enveloppes liquides, mises seulement en présence, ne se pénétreront pas, et alors les deux surfaces mouillées, obéissant à la pesanteur qui leur reste dans le fluide où elles sont immergées, reviendront, comme un pendule isolé, à la position verticale dont on les avait écartées : or, il est évident que cela aura lieu dans un certain intervalle de temps qui dépendra de la longueur du fil auquel ces surfaces seront suspendues, et de la résistance que le fluide opposera à leur mouvement. Il est évident de plus, qu'en faisant abstraction de cette résistance, ce qu'il est toujours permis de faire quand le mouvement du pendule est extrêmement lent, la durée des oscillations sera la même, quel que soit

l'intervalle dont on l'aura primitivement écarté de la verticale.

Mais si, admettant une autre hypothèse, les deux surfaces solides immergées sont tellement rapprochées que les couches fluides qui leur sont adhérentes se pénètrent, ces deux surfaces seront attirées l'une vers l'autre; l'action de leur pesanteur dans le liquide sera contre-balancée en partie par cette attraction; et lorsqu'elles seront abandonnées à elles-mêmes, le temps qu'elles emploieront à revenir dans un plan vertical, c'est-à-dire, la durée de leur première demi-oscillation sera d'autant plus considérable, que leur attraction mutuelle était plus grande, ou qu'elles étaient placées à une distance moindre au moment où cette première oscillation a commencé.

On peut rendre aussi faible que possible l'effort de la gravité sur les surfaces mouillées, soit qu'on donne à ces surfaces, par un moyen quelconque, une pesanteur spécifique qui diffère aussi peu qu'on le voudra de celle du liquide dans lequel elles sont submergées, soit qu'on diminue l'angle que forment entr'eux leurs fils de suspension, lorsqu'on les écarte de la verticale pour rapprocher les deux surfaces qu'ils soutiennent.

D'un autre côté, en interposant fixement entr'elles un fil métallique d'une grosseur déterminée, et en les rapprochant assez à l'aide d'une certaine pression pour les mettre en contact avec les deux élémens opposés de ce fil, il est évident que le diamètre de celui-ci sera la mesure exacte de l'intervalle qui les sépare. Si alors on abandonne ces surfaces aux actions contraires de leur attraction mutuelle, et de leur pesanteur dans le liquide,

décomposée parallèlement à cette attraction, la durée de leur première oscillation sera nécessairement une certaine fonction de la différence de ces deux forces contraires. Si donc on observe cette durée en faisant varier ces forces, c'est-à-dire, en faisant varier ensemble ou séparément le diamètre du fil métallique, interposé entre les surfaces mouillées, et l'amplitude de leur mouvement, l'observation indiquera comment varieront entr'elles la distance des deux surfaces à l'origine de leur première oscillation, l'amplitude et la durée de celle-ci.

L'appareil que je mets sous les yeux de l'Académie a été construit sur ces principes :

Au-dessus d'un vase cylindrique de verre *ABCD* (fig. 1 et 2), et dans la direction d'un de ses diamètres, est fixée solidement une règle de cuivre *EF*.

Cette règle horizontale, que nous appellerons *directrice* ou *sommier de l'appareil*, porte transversalement deux barres de même métal *gh*, *g'h'* (fig. 3) qui l'embrassent à frottement, et peuvent glisser sur elle en conservant leur parallélisme.

Ces barres transversales sont en saillie de chaque côté du sommier de l'appareil, et portent extérieurement à ce sommier de petites entailles destinées à accrocher les fils de soie *ik*, *i'k'* (fig. 1 et 2) auxquels les plaques de verre *P* et *P'*, mises en expérience, sont suspendues.

Chacune de ces plaques, dont la pesanteur spécifique serait beaucoup plus considérable que celle du liquide où elles sont immergées, est mastiquée sur un prisme de liége *L*, *L'*, de même surface rectangulaire, et forme ainsi avec lui un corps composé dont la pesanteur

spécifique peut être réglée à volonté suivant le plus ou moins d'épaisseur que l'on donne au prisme de liége, de l'autre côté duquel on mastique aussi une plaque de verre de la même épaisseur que la première, afin de rendre ce système symétrique autant que possible par sa composition.

Les fils de soie *ik*, *i′ k′* (fig. 2), par lesquels ce système est suspendu, sont fixés sur deux de ses faces verticales opposées aux extrémités de l'intersection *kk′* des deux plans rectangulaires qui passent par le centre de gravité de cette espèce de pendule.

Au moyen d'un lest additionnel de position variable que l'on forme de petites lames de plomb lorsque le pendule est trop léger, ou de petits prismes de liége lorsqu'il est trop pesant, on fait en sorte qu'étant immergé, le centre de gravité du système ainsi modifié coïncide exactement avec son centre de grandeur; précaution nécessaire pour que les deux cordons de suspension soient également tendus, et pour assurer la verticalité des quatre faces du prisme lorsqu'on procède aux expériences.

Les deux pendules *P L* et *P′ L′*, composés comme il vient d'être dit, doivent être du même poids dans le liquide et de dimensions parfaitement égales. Ces préparations indispensables, et qui, pour le dire en passant, ne sont pas la partie la moins délicate des observations, étant achevées, on suspend les deux pendules au *sommier E F* de l'appareil, en ayant soin que les arêtes rectangulaires de l'un coïncident exactement sur les arêtes correspondantes de l'autre quand on met leurs surfaces en contact.

Pour en opérer à volonté et avec précision le rapprochement ou l'écartement, chacune des barres transversales gh, $g'h'$, qui soutiennent les deux pendules, portent verticalement en saillie sur son plan et dans son milieu un écrou de cuivre m, m' (fig. 1 et 3).

Ces deux écrous, fixés suivant l'axe de la *directrice* et taraudés, l'un de droite à gauche, et l'autre de gauche à droite, sont traversés par un arbre d'acier $v\,v'$, qui est soutenu sur deux montans verticaux r, r', implantés aux deux extrémités du *sommier* EF. Chacune des deux moitiés de cet arbre porte le même pas de vis que l'écrou dans lequel elle passe ; et comme les pas de vis vont en sens contraire, on conçoit que, suivant le sens du mouvement que l'on imprime à la manivelle $\boldsymbol{M}$, adaptée à l'un des bouts de cet arbre, on fait approcher ou éloigner l'une de l'autre les deux barres transversales auxquelles les pendules sont attachés.

Afin d'évaluer avec précision l'intervalle qui les sépare en un instant quelconque, le *sommier* de l'appareil est divisé, à partir de son milieu, en centimètres et millimètres (fig. 3) ; un biseau pratiqué sur les barres transversales gh, $g'h'$, dans le plan des cordons de suspension des glaces, indique, par sa coïncidence avec les divisions de la *directrice*, la distance horizontale dont les points de suspension des deux pendules se trouvent éloignés.

Quelle que soit la grosseur du cylindre ou du fil métallique que l'on interpose entre les deux glaces pour en mesurer la distance à l'instant où on les abandonne à l'action des forces auxquelles elles sont soumises, il faut préalablement s'assurer de leur contact avec ce cy-

lindre ou fil intermédiaire, en exerçant, comme nous l'avons déjà dit, sur les faces postérieures des pendules rectangulaires dont elles font partie une pression déterminée, dans le plan horizontal qui passe par le centre de gravité et de grandeur des deux pendules.

Afin d'opérer régulièrement cette pression, et de pouvoir au besoin en obtenir l'évaluation rigoureuse, on a construit deux cercles ou roues de cuivre *s, s* (fig. 1 et 2), dont l'axe commun, perpendiculaire à leur plan, peut être chargé d'un poids plus ou moins considérable de rondelles de plomb *Q*. Deux fils de soie *tt* (fig. 2) fixés aux extrémités de cet axe le tiennent suspendu horizontalement à une coulisse de cuivre *xy* (fig. 1), qui glisse elle-même au-dessous du *sommier*, de manière qu'en mettant les deux roues de cuivre en contact avec les faces postérieures de chaque pendule, et en rapprochant plus ou moins du centre de l'appareil les points de suspension de cette espèce de chariot, on fera varier l'angle compris entre les fils qui le soutiennent et la verticale, et par conséquent la pression exercée horizontalement sur les plaques en expérience, en vertu du poids du chariot et des rondelles de plomb dont il est chargé.

Cette pression horizontale ayant eu lieu pendant quelques minutes, on recule doucement les deux chariots vers les extrémités du *sommier* de l'appareil; les deux pendules se trouvent alors abandonnés aux actions contraires de leur pesanteur et de leur attraction mutuelle, et il ne reste plus qu'à observer le temps qu'ils emploient à se détacher l'un de l'autre, et à revenir dans le plan vertical de leur suspension libre.

Recherchons maintenant l'expression générale des forces qui agissent sur l'appareil que nous venons de décrire pendant la durée des observations dont il est l'objet. Soient :

Le poids dans le liquide des deux pendules composés de verre et de liége .... $= 2P$;

L'angle que forment leurs fils de suspension avec la verticale dans une position quelconque .... $= a$;

La tension de ces fils .... $= T$;

Leur longueur .... $= l$;

La distance des points de suspension de l'un des pendules au plan vertical qui passe par le milieu de l'appareil .... $= b$;

La distance de la surface mouillée de ce pendule à ce même plan vertical, en un point quelconque de l'arc qu'il décrit .... $= s$;

Le poids de ce pendule décomposé horizontalement en ce point .... $= F$;

Enfin, le demi-diamètre du cylindre ou fil métallique interposé entre les deux surfaces mouillées pour en mesurer l'écartement primitif .... $= e$;

On a, comme on sait, par les principes de statique :

$$2P : T :: \sin 2a : \sin a :: 2 \cos a : 1.$$

d'où l'on tire :

$$T = \frac{P}{\cos a}.$$

Cette tension, qui représente l'effort du poids P dans la direction du fil, devant être décomposée horizontalement, on a :

$$\frac{P}{\cos a} : F :: 1 : \sin a ;$$

et par conséquent,

$$F = \frac{P \sin a}{\cos a} = P \operatorname{tang} a.$$

Substituant aux quantités angulaires les lignes qui leur sont proportionnelles, on trouve :

$$\operatorname{tang} a = \frac{(b - s)}{\sqrt{l^2 - (b - s)^2}} ;$$

et par suite,

$$F = \frac{P (b - s)}{\sqrt{l^2 - (b - s)^2}}.$$

Cette composante horizontale du poids du pendule immergé peut être supposée concentrée sur la surface mouillée qui en fait partie, comme si ce pendule était réduit à une simple surface pesante.

Supposons maintenant que l'attraction de deux surfaces mouillées, lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes et qu'elles se trouvent séparées d'un intervalle $= 2s$, soit représentée par une certaine fonction $\varphi(s)$ de cet intervalle : la force accélératrice avec laquelle elles tendront à s'éloigner l'une de l'autre en un point quelconque de l'arc qu'elles décrivent sera :

$$\frac{P (b - s)}{\sqrt{l^2 - (b - s)^2}} - \varphi(s) ;$$

et l'on aura, par les lois du mouvement varié, dt étant l'élément du temps, et du la différentielle de la vitesse actuelle du pendule décomposée horizontalement :

$$\left(\frac{P\,(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi\,(s)\right)dt=du\,;$$

ou bien, à cause de $du=\frac{d^2 s}{dt}$,

$$dt^2=\frac{d^2 s}{\frac{P\,(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi\,(s)}\,;$$

ou bien encore, en faisant $\frac{ds}{dt}=p$

$$ds=\frac{p\,dp}{\frac{P\,(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi\,(s)}\,;$$

équation séparée en s et en p, et dont l'intégration ne dépend que de la forme de la fonction $\varphi\,(s)$; car on a :

$$p^2=A+2\int ds\left(\frac{P\,(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi\,(s)\right);$$

et enfin,

$$t=B+\int\frac{ds}{\sqrt{A+2\int ds\left(\frac{P\,(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi\,(s)\right)}}.$$

La constante A, introduite dans cette valeur de t par la première intégration, doit être déterminée de telle sorte que s étant égale à la demi-épaisseur e du fil métallique, le rapport $\frac{ds}{dt}=p$ ait une certaine valeur.

L'autre constante B se détermine par la condition que t soit $=0$, lorsque $s=e$.

Enfin, l'intégrale qui exprime la durée du temps t pendant lequel les deux pendules se meuvent sous l'influence de leur attraction mutuelle, serait complétée en faisant $s = r$; r étant l'épaisseur de la couche liquide qui mouille la surface du verre, et qui lui est adhérente.

Dans le cas où la fonction $\varphi\,(s)$ serait connue *à priori*, et où la valeur de t serait assignable en termes finis, il ne resterait qu'à vérifier cette valeur de t par l'expérience, et cette vérification, si elle avait lieu, prouverait la vérité de la loi d'attraction exprimée par $\varphi\,(s)$. Mais tant que cette loi sera inconnue, l'expérience ne pourra servir d'abord qu'à constater le phénomène d'attraction dont il s'agit, dans différentes circonstances propres à en faire varier les apparences. Elle pourra conduire plus tard, par des observations plus nombreuses et l'emploi d'appareils plus parfaits, à la détermination de cette loi d'attraction.

Avant d'exposer les résultats de celles que nous avons recueillies, il convient d'apprécier numériquement les forces que notre appareil est propre à mesurer.

Nos deux surfaces de verre, mises en regard, ont 10 centimètres de large, 5 centimètres de hauteur, et par conséquent 50 centimètres superficiels.

L'épaisseur de chaque pendule est de 2 centimètres.

Son poids, dans l'eau où il est submergé est d'un gramme.

La longueur de ses fils de supension est de 18 centimètres.

Supposons le point de suspension distant de 15 centimètres du plan vertical qui passe par le milieu de l'ap-

pareil, et l'épaisseur du fil métallique qui mesure l'intervalle primitif de nos glaces de $0^{\text{mill.}},0563$; la substitution de ces valeurs numériques dans la formule

$$F = \frac{P\ (b - e)}{\sqrt{l^2 - (b - e)^2}}$$

donnera, pour la composante horizontale du poids du pendule au premier moment de son oscillation, en prenant le centimètre pour unité linéaire, et le gramme pour unité de poids :

$$F = \frac{1^{\text{gr.}} \times (0^{\text{cent.}},5 - 0^{\text{cent.}},002815)}{\sqrt{(18)^2 - (0,5 - 0,002815)^2}}.$$
$$= 0^{\text{gr.}},027911$$

C'est l'effort avec lequel les deux glaces tendent à s'éloigner l'une de l'autre au premier moment ou, après avoir été mises en contact avec le fil métallique intermédiaire, elles sont abandonnées à elles-mêmes.

Mais la superficie de ces glaces est de 50 centimètres carrés : donc l'effort sur cette unité de surface est de $0^{\text{g.}},0005582$, et par conséquent de $0^{\text{g.}},00005582$ sur un millimètre superficiel.

Or, un millimètre carré est une surface très-sensible, d'où l'on voit combien notre appareil est propre à apprécier des poids que les balances de torsion les plus délicates auraient de la peine à saisir.

Tout ceci bien entendu, j'arrive à la description de nos expériences et à la discussion de quelques-uns de leurs résultats.

J'ai commencé par suspendre successivement entre

nos deux glaces mouillées deux bouts de cylindre de verre : 1° de 6 millimètres, 2° de 4 millim. $\frac{1}{2}$, 3° de 2 millim. $\frac{1}{2}$ de diamètre. L'écartement primitif des glaces ayant été ainsi mesuré, les deux pendules dont elles font partie ont été abandonnés à leur pesanteur.

La différence entre les trois distances initiales auxquelles les glaces se sont trouvées l'une de l'autre n'en a produit aucune dans la durée de leur première demi-oscillation correspondante à chaque expérience.

Cette durée était de 7 secondes : la distance des points de suspension des deux pendules au plan vertical qui passe par le milieu de l'appareil étant de 20 millimètres.

Il suit de là qu'à 2 millim. $\frac{1}{2}$, la plus petite distance de celles auxquelles les deux glaces ont été placées dans les trois observations que nous venons de rapporter, les couches liquides qui leur étaient adhérentes ne se pénétraient point encore, c'est-à-dire, que l'épaisseur de ces couches était moindre que $\frac{5}{4}$ de millimètre. Nous aurions pu, en diminuant successivement la grosseur des cylindres interposés entre les surfaces mouillées, arriver à reconnaître la distance à laquelle l'attraction des glaces aurait commencé à devenir sensible; mais outre que notre appareil n'était pas disposé pour rendre cette recherche facile et ses résultats suffisamment exacts, nous avions un autre objet en vue : c'était seulement de constater le phénomène de cette attraction.

J'ai choisi en conséquence cinq échantillons de fil d'argent de différentes grosseurs, et que je désignerai,

dans ce qui va suivre, par ordre de numéros, à partir du fil le plus fin.

Les diamètres de ces fils mesurés avec beaucoup de précision (1) ont été trouvés, savoir :

	millim.
Celui du n° 1, de	0,0563 ;
Celui du n° 2, de	0,1127 ;
Celui du n° 3, de	0,1579 ;
Celui du n° 4, de	0,1917 ;
Enfin celui du n° 5, de	0,2481.

J'ai appliqué verticalement sur la surface de verre de l'un de nos pendules, à quelques millimètres de ses extrémités, deux bouts de fil d'argent du même numéro, je les ai tendus autant que possible afin de les mettre en contact avec la surface sur laquelle ils s'appliquaient, j'en ai ensuite enveloppé le pendule, et j'en ai fixé les deux extrémités sous la tête d'une petite épingle implantée dans le prisme de liége sur les faces duquel les plaques de verre sont mastiquées.

Après cette préparation, les deux pendules mis exactement en regard dans le liquide étant rapprochés et pressés l'un contre l'autre, leurs surfaces opposées se sont trouvées distantes d'une quantité égale à l'épaisseur du fil d'argent qui était appliqué sur l'une d'elles.

Faisant alors disparaître la pression qui retenait les deux pendules en contact, et ayant écarté successivement

(1) M. Le Baillif, dont tous les physiciens connaissent les talens et la précision, a bien voulu, à ma prière, mesurer les diamètres des fils dont je me suis servi.

leurs fils de suspension de la verticale de 5, 10, 15, 20 et 25 millimètres, mesurés sur la *directrice* ou règle graduée qui soutient tout l'appareil, il a été facile d'observer combien il s'écoulait de minutes et de secondes depuis le moment où les deux pendules étaient abandonnés à eux-mêmes jusqu'à celui où leurs fils de suspension revenaient à la verticale.

Le tableau suivant offre la série de nos observations. Elles ont été faites dans les premiers jours du mois de juin, et pendant leur durée la température a varié de 17 à 24 degrés (therm. centig.).

La première colonne du tableau indique en centimètres la distance des points de suspension de l'un des pendules au plan vertical fixe qui passe par ces mêmes points lorsque les deux pendules sont mis en contact dans leur position naturelle.

Les cinq colonnes suivantes indiquent les composantes horizontales du poids de ces pendules dans les différentes positions de leurs points de suspension, et pour leurs distances initiales déterminées successivement par chacun des cinq fils métalliques interposés.

Enfin les cinq dernières colonnes indiquent les durées de la première demi-oscillation de l'un des pendules correspondantes aux divers degrés d'écartement de ses fils de suspension, et aux différens intervalles primitifs des glaces.

Ecart. des fils.	COMPOSANTES HORIZONTALES DU POIDS DES PENDULES ; leur écartement primitif étant mesuré par les fils					DURÉE De la 1re demi-oscillation des pendules ; leur écartement primitif étant mesuré par les fils				
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
cent.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.					
0,5	0,02763	0,02747	0,02740	0,02725	0,02710	832″	585″	380″	273″	163″
1,	0,05548	0,05532	0,05520	0,05510	0,05495	440	261	217	128	91
1,5	0,08386	0,08319	0,08318	0,08313	0,08286	296	177	145	79	64
2,	0,11164	0,11154	0,11136	0,11133	0,11116	225	131	110	56	51
2,5	0,14023	0,14022	0,13980	0,13972	0,13956	184	106	90	44	37

On voit, en jetant les yeux sur les nombres qui composent les cinq dernières colonnes, que l'intervalle primitif des glaces restant le même, la durée de la première demi-oscillation du pendule est d'autant moindre que la force qui tend à le ramener dans la verticale est plus grande : ainsi, lorsque l'écartement des fils de suspension est de 5 millimètres, que l'intervalle primitif des glaces mesuré par l'épaisseur du fil n° 1 est de 0m·,0563, et par conséquent lorsque la force qui tend à les ramener dans la verticale est représentée par 0g·,02763, la durée de la demi-oscillation entière est de 832 secondes ; tandis que pour le même intervalle primitif, les fils de suspension étant écartés de 25 millimètres, et par conséquent la force qui tend à les ramener dans la verticale étant représentée par 0g·14023, la durée de cette demi-oscillation n'est plus que de 184 secondes.

Cette diminution de durée des premières oscillations du pendule, à mesure que la force qui les produit devient plus considérable, est une conséquence nécessaire

des lois de la mécanique, et sous ce rapport, nos expériences ne font que confirmer une vérité connue.

Mais si l'on considère, dans les mêmes lignes horizontales du tableau, les durées des premières oscillations du pendule lorsque l'écartement des fils de suspension restant le même, on fait varier l'intervalle primitif des glaces, on voit que la durée des oscillations est d'autant plus grande que cet intervalle primitif est plus petit.

Ainsi, par exemple, le fil d'argent n° 1 étant interposé entre les glaces, ou, ce qui revient au même, ces glaces étant primitivement séparées de 0^{m},0563, la durée de la première demi-oscillation a été de 832", tandis que l'intervalle primitif de ces deux surfaces étant mesuré par le fil d'argent n° 5 de 0^{m},248, la durée de la première demi-oscillation n'a été que de 163", c'est-à-dire, environ cinq fois moindre.

Avant de tirer aucune conclusion de ces observations, il convient d'en indiquer les circonstances essentielles.

Aussitôt que les plaques de verre, après avoir été rapprochées à la distance mesurée par le diamètre d'un de nos fils, sont abandonnées à leur pesanteur et à leur attraction mutuelle, elles paraissent, pendant un temps plus ou moins long, entièrement privées de mouvement. Elles se meuvent cependant, mais avec une vitesse tout-à-fait insensible; leur écartement continue de s'accroître, bientôt on peut apprécier l'intervalle qui les sépare avec d'autant plus de facilité qu'elles paraissent encore en équilibre et retenues l'une à l'autre; enfin, quand elles sont arrivées à 2 millimètres ou 2 millimètres $\frac{1}{2}$ de distance, elles semblent se détacher, et la

vitesse avec laquelle elles s'éloignent s'accélère tout-à-coup jusqu'à ce que le pendule dont elles font partie se retrouve dans la verticale.

La durée totale d'une oscillation se divise, comme on voit, en deux temps bien distincts.

Le premier, plus ou moins long, est celui pendant lequel l'attraction des glaces contre-balance avec plus ou moins d'énergie l'action de leur pesanteur ; ou, ce qui est la même chose, pendant lequel les couches d'eau qui mouillent leur surface et qui leur sont adhérentes se pénètrent mutuellement.

Le second temps de l'oscillation, qui est toujours extrêmement court quand on le compare au premier, est celui qui s'écoule à partir du moment où les couches d'eau qui mouillent les deux surfaces cessent de se pénétrer et s'émergent, pour ainsi dire, l'une de l'autre jusqu'au retour du pendule à la verticale.

Pendant cette dernière partie de l'oscillation, les deux pendules ont dépassé la limite de leur attraction mutuelle, et n'obéissent plus qu'à l'action de la gravité, modifiée par la résistance du fluide dans lequel ils oscillent.

Or, il résulte des premières observations que nous venons de rapporter, qu'en fixant l'intervalle primitif de nos glaces par l'interposition de cylindres dont les diamètres ont diminué successivement de 6 millimètres à 2 millimètres $\frac{1}{2}$, la durée de la première demi-oscillation de nos pendules a été de 7 secondes environ.

Si donc on supposait que pour tout autre intervalle primitif moindre que 2 millim. $\frac{1}{2}$, la durée de cette demi-oscillation surpassât 7 secondes, il en faudrait con-

clure qu'à cette distance de 2 millim. $\frac{1}{2}$ les couches liquides qui adhèrent aux glaces cessent de se pénétrer, ou bien que l'épaisseur de ces couches est de 1 millim. $\frac{1}{4}$.

Comme il ne s'agit pour le présent que de constater un phénomène, et non pas d'en assigner les lois rigoureuses, nous pouvons admettre l'hypothèse que nous venons de présenter.

Ainsi la distance horizontale parcourue par chacune de nos glaces, tant qu'elles demeurent sous l'influence de leur attraction mutuelle, serait de 1 millim. $\frac{1}{4}$, moins la demi-épaisseur du fil qui mesure leur intervalle primitif; et le temps employé à parcourir cet espace serait la durée entière de l'oscillation observée, diminuée du nombre constant de 7 secondes.

Ces espaces et les temps employés à les parcourir sont indiqués dans notre second tableau.

Ecart. des fils.	L'intervalle primitif des glaces étant mesuré par les									
	Fil n° 1.		Fil n° 2.		Fil n° 3.		Fil n° 4.		Fil n° 5.	
	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps empl.	Espace parcouru.	Temp empl
c. 0,5		825″		578″		373″		266″		156
1,»		433		254		210		121		84
1,5	cent. 0,1222	289	cent. 0,1194	170	cent. 0,1171	138	cent. 0,1154	72	cent. 0,1126	57
2,»		218		124		103		49		44
2,5		177		99		83		37		30

On voit que l'intervalle primitif des glaces étant de $0^{mil.},0563$ (fil n° 1.), et l'écartement des fils de suspension de 5 millimètres, le pendule a employé 825″ à par-

courir un espace de 1$^{\text{mil.}}$,22 : la vitesse moyenne avec laquelle cet espace a été parcouru a donc été de 0$^{\text{cent.}}$,000148 $= \frac{148}{100000}$ de millimètre par seconde.

On voit aussi que sous le même écartement des fils de suspension l'intervalle primitif des glaces ayant été de 0$^{\text{mil.}}$,2481 (fil n° 5), le pendule a employé 156″ à parcourir 1$^{\text{mil.}}$,126 ; la vitesse moyenne avec laquelle cet espace a été parcouru a donc été de 0$^{\text{cent.}}$,00071795 $= \frac{718}{105000}$ de millimètre, c'est-à-dire, cinq fois plus grande qu'elle n'avait été lorsque l'intervalle primitif des glaces se trouvait entre quatre et cinq fois plus petit.

Mais lorsque la vitesse était moindre, la force initiale de la pesanteur qui tend à ramener les pendules dans la verticale était plus grande, puisque, dans ce cas, la quantité e de la formule

$$F = \frac{P(b-e)}{\sqrt{l^2 - (b-e)^2}}$$

était plus petite, et réciproquement lorsque la vitesse s'est trouvée plus considérable, la force initiale de la pesanteur était moindre.

Donc la seule attraction que les surfaces mouillées exercent l'une sur l'autre influe sur la diminution ou l'augmentation des vitesses observées.

Donc enfin : *ces surfaces entièrement immergées dans un liquide susceptible de les mouiller, étant assez rapprochées parallèlement entre elles pour que les couches liquides qui les mouillent se pénètrent mutuellement, exercent l'une sur l'autre, par l'intermède du liquide*

interposé, à des distances sensibles et rigoureusement appréciables, des attractions d'autant plus grandes que ces distances sont moindres.

Telle est la conclusion générale que nous nous bornerons aujourd'hui à tirer de nos observations. En les répétant dans d'autres liquides que l'eau pure, on pourra apprécier les épaisseurs variables de la couche de ces différens liquides adhérente aux surfaces qu'elle mouille; mais il faut, pour rendre ces expériences comparables, qu'elles soient faites à la même température; car ici, comme dans l'écoulement des liquides par des tubes capillaires, la température exerce une très-grande influence sur les résultats qu'on obtient.

J'ai remarqué, par exemple, toutes circonstances égales d'ailleurs, qu'à 5 degrés du thermomètre centigrade nos deux glaces employaient 783″ à se détacher l'une de l'autre, tandis qu'à 20 degrés elles se détachaient après un intervalle de 520″ seulement.

L'appareil que je mets sous les yeux de l'Académie est exécuté depuis plus de quinze ans; mais les expériences auxquelles il était destiné exigeaient plus de temps qu'il ne m'avait été permis jusqu'à présent de leur en consacrer. Cet appareil est sans doute susceptible de perfectionnement : des mains plus habiles pourront en rendre l'emploi plus sûr, et sauront en obtenir des résultats plus rigoureux; tel qu'il est cependant, je le mets à la disposition de ceux de nos confrères que cette branche de la physique intéresse, et qui voudraient l'approfondir.

Paris, le 25 juin 1825.

Observations *sur quelques Carbonates.*

Par Mr J.-B. Boussingault.

Il y a environ vingt-trois ans que Klaproth, ayant analysé un carbonate de soude rapporté d'Afrique, trouva que ce sel contenait plus d'acide que le carbonate ordinaire, et moins que le carbonate saturé. Comme, à cette époque, on ne connaissait que ces deux combinaisons de la soude avec l'acide carbonique, il supposa que le sel d'Afrique était un carbonate saturé, en partie décomposé; enfin il le considéra comme un mélange de carbonate et de bi-carbonate.

Dernièrement, lorsque nous exécutions, M. Rivero et moi, notre nivellement géognostique dans une partie de la Cordillière orientale des Andes, nous arrivâmes dans un misérable village indien où l'on exploitait un carbonate alcalin; l'aspect singulier de ce sel, sa propriété de ne pas s'effleurir à l'air, nous portèrent à en faire un examen particulier, et nous lui trouvâmes une grande analogie de composition avec celui analysé par le chimiste de Berlin.

Pendant cet intervalle, un habile chimiste anglais, M. Richard Philips, examina un carbonate de soude artificiel fabriqué à Londres, dans lequel le rapport de l'acide à la base est le même que dans les carbonates naturels d'Afrique et d'Amérique. Ces faits tendraient donc à prouver que ces sels de soude ne sont pas des mélanges accidentels, mais bien des combinaisons en proportions définies : aussi M. Thomson a-t-il considéré de cette manière le sel d'Afrique; et comme dans ce car-

bonate la base est unie à une fois et demie autant d'acide que dans le carbonate ordinaire, il l'a désigné par le nom de *sesqui-carbonate.*

Ce que je me propose d'examiner ici, est la nature des précipités occasionés par le sesqui-carbonate de soude dans quelques dissolutions salines.

1°. Le sesqui-carbonate alcalin versé dans une dissolution de nitrate ou d'hydrochlorate de chaux produit une vive effervescence, et il se dépose du carbonate calcaire.

2°. Le sulfate de cuivre précipité par le sesqui-carbonate de soude a produit aussi une vive effervescence, et il s'est déposé du carbonate vert.

3°. Une dissolution de sulfate de zinc a été traitée par le sesqui-carbonate; pendant la précipitation il s'est dégagé seulement quelques bulles de gaz; le précipité jeté sur un filtre a été bien lavé, puis mis à sécher à l'air pendant plusieurs jours; il était blanc, très-divisé.

1 gramme de ce sel a perdu, en se dissolvant dans l'acide nitrique étendu, 0g.,19 d'acide carbonique.

1 gramme calciné au rouge dans un creuset de platine a pesé, après la calcination, 0g.,70; la perte au feu, consistant en eau et en acide, a donc été de 0g.,30: en retranchant de cette perte le poids de l'acide carbonique trouvé directement, on a 0g.,11 pour celui de l'eau. Ce carbonate de zinc est donc composé de :

Base,	0,70;
Acide,	0,19;
Eau,	0,11.
	1,00.

On peut donc le considérer comme :

1 atome de base,	10,06	69,5 ;
1 atome d'acide,	2,75	19,0 ;
$\frac{3}{2}$ atome d'eau,	1,68	11,5 ;
		100,0 ;

composition représentée par la formule :

$$\ddot{Z}n\,\ddot{\bar{C}} + \tfrac{3}{2}\,Aq.$$

4°. Dans une solution de sulfate de magnésie faite à la température ordinaire, on a versé du sesqui-carbonate de soude; le mélange est resté limpide; ce n'est qu'après deux jours qu'il s'est formé un sédiment cristallin : ce dépôt, mis sur un filtre et lavé à l'eau froide, a été séché en l'exposant à un air très-sec : ce carbonate était extrêmement léger et d'une blancheur éclatante.

1 gramme a donné par la dissolution 0g·,30 d'acide carbonique.

1 gramme soumis à la calcination a perdu en eau et acide 0g·,70 : en soustrayant de ce nombre les 0g·,30 d'acide carbonique, il reste 0g·,40 pour le poids de l'eau; d'où il suit que ce carbonate de magnésie est composé de :

Base,	0,30 ;
Acide,	0,30 ;
Eau,	0,40 ;
	1,00 ;

ou de :

1 atome de base,	5,17	30 ;
2 atomes d'acide,	5,51	31 ;
6 atomes d'eau,	6,75	39 ;
		100.

d'où l'on a, pour exprimer sa composition, la formule :

$$\ddot{M}g\ \ddot{C}^2 + 6\,Aq.$$

5°. Le sesqui-carbonate de soude ajouté à la solution d'acétate de plomb a occasioné un précipité très-lourd sans apparence de dégagement de gaz : ce précipité, bien lavé et ensuite séché à l'air libre, avait l'aspect d'une belle céruse.

1g.,5 de ce carbonate a perdu, par la dissolution dans l'acide nitrique étendu, 0g.,30 d'acide carbonique. Le nitrate provenant de cette dissolution fut transformé en sulfate. Ce dernier sel, chauffé au rouge dans un creuset de platine, pesa 1g.,67, équivalant à 1g.,22 d'oxide de plomb. Si l'on évaluait le même oxide d'après l'acide carbonique obtenu, on aurait 1g.,20; d'après cela, ce carbonate de plomb est composé de :

Base,	80;
Acide,	20.

Ce carbonate contient évidemment plus d'acide que le carbonate ordinaire; mais il n'en contient pas assez pour qu'on puisse le considérer comme formé d'un atome de base uni à 3 atomes d'acide : j'attribuai cette anomalie à ce que l'acétate de plomb employé était peut-être avec excès d'oxide; en conséquence je préparai un nouveau carbonate en précipitant du nitrate neutre de plomb par le sesqui-carbonate de soude; le nouveau précipité avait exactement le même aspect que celui provenant de l'acétate.

2 grammes de ce carbonate ont perdu par la dissolution 0g.,42 d'acide carbonique.

2 autres grammes traités par l'acide sulfurique ont donné $2^{g\cdot},18$ de sulfate de plomb, équivalant à $1^{g\cdot},60$ d'oxide ; les $0^{g\cdot},40$ manquant représentent sans doute plus exactement le nombre pour l'acide carbonique que celui trouvé par la dissolution ; d'où il résulte que ce carbonate de plomb est composé de :

Base ,	1,60	80 ;
Acide ,	0,40	20 ;

composition qui s'accorde rigoureusement avec celle du carbonate précipité de l'acétate de plomb : on peut considérer ce carbonate de plomb comme :

2 atomes de base ,	55,78	80,2 ;
5 atomes d'acide ,	13,76	19,8.

Il paraît vraisemblable que ce précipité est formé de deux carbonates de plomb à différens degrés de saturation ; par exemple , on peut concevoir chaque atome de base engagé dans une combinaison particulière, l'un avec 2, l'autre avec 3 atomes d'acide, ou, en d'autres termes, considérer ce sel de plomb comme composé d'un atome de carbonate uni à un atome de sesqui-carbonate : dans cette hypothèse, on aurait, pour représenter sa composition , la formule :

$$\ddot{P}b\,\ddot{C}^2 + \ddot{P}\,\ddot{C}^3.$$

6°. Le chlorure de barium précipite abondamment par le sesqui-carbonate de soude ; durant la précipitation on ne remarque pas d'effervescence. Le carbonate de baryte ainsi obtenu est sensiblement soluble ; car, bien qu'on eut ajouté un excès de sesqui-carbonate , les

eaux de lavage ont toujours été troublées par l'acide sulfurique.

2 grammes de ce carbonate ont perdu par la dissolution $0^{g.},63$ d'acide carbonique.

2 grammes calcinés au rouge dans le creuset de platine ont conservé sensiblement le même poids; ce sel est donc composé de :

Base,	$1^{g.},37$	68,5;
Acide,	0,63	31,5;

résultat qui s'approche assez près de :

1 atome de base,	19,13	69,8;
3 atomes d'acide,	8,26	30,2;

ou

$$\ddot{B}a\ddot{C}^3.$$

Je terminerai ces observations en faisant remarquer que le sesqui-carbonate de soude naturel doit constituer dans le système minéralogique une espèce nouvelle; on pourrait objecter que la différence de composition qui existe entre le sesqui-carbonate et le carbonate de soude est trop peu importante pour mériter une distinction. Cette objection serait tout au plus fondée dans le cas où il deviendrait difficile de distinguer ces deux sels; mais on reconnaîtra toujours aisément la soude sesqui-carbonatée à la propriété de ne pas s'effleurir, à celle de ne pas précipiter la solution de sulfate de magnésie, enfin par l'effervescence qu'elle produit dans les sels de chaux.

Bogota. 1824.

Examen *du Platine trouvé en Russie.*

Par M. Laugier.

Une Note traduite de la Gazette allemande de Pétersbourg (octobre 1823), relative au voyage fait aux Monts Ourals par M. le sénateur Soïmonof et M. le Dr Fuchs, pour examiner les mines d'or qui y ont été découvertes, annonce qu'on y a aussi rencontré le platine.

« J'avais fait depuis deux ans, dit M. de Humboldt, » dans une lettre qui accompagnait l'envoi des échantillons dont il s'agit, des tentatives infructueuses pour » me procurer ce platine de Russie; j'ai réussi enfin » par les bontés de M. le baron de Schilling. Il est curieux de voir que le platine de l'Oural se trouve au » milieu de fragmens de diorite (grunstein ou mélange » intime de feldspath et d'amphibole), comme le platine du Choco. Les grains, qui sont riches d'osmium » et d'iridium, me paraissent géologiquement intéressans. Au Choco, chaque grain renferme tous les » métaux; au Brésil seul, des grains de palladium se » trouvent réunis à des grains de platine, à des grains » d'or, et à des diamans, etc. »

Deux échantillons de mines de platine provenant de Russie m'ont été remis de la part de M. de Humboldt: l'un de platine, trouvé dans les sables aurifères de Kuschwa, à 250 werst. d'Ekaterinebourg; l'autre en grains plus gros, considérés comme une combinaison d'iridium et d'osmium retirée des terres du négociant Rastorgujers, dans l'Oural, près Ekaterinebourg.

Le premier, formé de très-petites lames d'un blanc grisâtre, a l'aspect du platine du Choco, mais moins d'éclat et une couleur plus plombée.

L'échantillon ne pesait que 9 décigrammes. Le barreau aimanté n'a d'action sur aucun des grains qui le composent. 4 décigrammes se sont parfaitement dissous à chaud dans l'eau régale; il n'est resté que de très-petites lames blanches et brillantes, formant à peine $\frac{1}{2}$ centigramme ou le 80me de la quantité soumise à l'essai. La dissolution, évaporée presqu'à siccité pour en chasser l'excès d'acide, a été étendue d'eau et mêlée à une quantité d'hydrochlorate d'ammoniaque suffisante pour précipiter tout le platine. Le précipité, d'un beau jaune foncé, a laissé, après le lavage et la calcination, 0,27 de platine en éponge. La liqueur surnageante n'ayant plus fourni de sel triple de platine par l'évaporation, je l'ai étendue d'eau et j'y ai versé un excès d'ammoniaque. Le précipité qui en est résulté, lavé et calciné, pesait 9 parties.

Il s'est dissous facilement dans l'acide hydrochlorique, à l'exception d'une très-petite quantité d'une poudre noire qui a refusé de se dissoudre, même dans l'acide hydrochloro-nitrique, et que je présume être du rhodium.

Mais je n'ai pu y découvrir la moindre trace de palladium. Ce métal, et le rhodium qui l'accompagne pour l'ordinaire dans les mines de platine, en forment à peine la deux centième partie. Il est presque impossible d'en constater l'existence quand on agit sur des quantités aussi petites que celle qui a été mise à ma disposition, c'est-à-dire, sur des portions de gramme.

Dans une autre expérience, 2 décigrammes du même échantillon m'ont donné 0,13 de platine, 0,64 d'oxide de fer, et des traces de cuivre, d'osmium et d'iridium, dont il est plus facile de reconnaître la présence que celle du palladium et du rhodium.

Dans ces deux essais du platine de Sibérie, j'ai obtenu à très-peu-près les mêmes proportions, et j'ai éprouvé chaque fois la perte d'environ un septième de la quantité employée, dont je n'ai pu apprécier la cause.

Le second échantillon ne pesait que 0,67. Sa composition plus compliquée a exigé un examen plus soigné. Il est en général formé de grains du volume de grosses têtes d'épingles un peu aplaties. On remarque que ces grains diffèrent par la couleur : les uns sont gris, les autres d'un blanc pur, et d'autres plus petits et d'une couleur grise-noirâtre, sont séparés par le barreau aimanté. Ces derniers ne formaient que la dixième partie de l'échantillon. Les grains blancs en composent environ le tiers, les gris sont les plus abondans. J'ai pris 2 décigrammes des grains sur lesquels le barreau aimanté n'avait point d'action, et je les ai traités par l'eau régale formée des deux acides concentrés dans la proportion d'une partie d'acide nitrique et de deux parties d'acide hydrochlorique.

La première portion d'acide s'est colorée en brun, une seconde portion en rouge-brunâtre, une troisième portion n'a plus rien dissous. Il est resté de petits grains d'un blanc d'argent pur, pesant 5 centigrammes ou le quart de la mine employée. Ce résidu, remarquable par son éclat, l'est aussi par sa dureté et la force de cohésion

qui unit ses molécules. Ces deux propriétés le font différer beaucoup par l'aspect du résidu ou poudre noire que l'on obtient ordinairement du platine du Pérou, qui a été traité par l'eau régale. Ce dernier, en grains plus petits, se réduit aisément en poudre et est facilement attaqué par le nitre. Le résidu du platine de Sibérie ne se brise que très-difficilement par le marteau en l'aplatissant un peu, ce qui suppose un peu de ductilité; il ne peut se pulvériser, et le nitre ne paraît point agir sur lui. Trois traitemens successifs avec le nitre à la chaleur rouge n'ont diminué ni sa dureté ni son poids. Il m'a fallu avoir recours à la potasse caustique, et le traiter trois fois, dans un creuset d'argent, avec 3 grammes de cet alcali pour attaquer complètement les 5 centigrammes que l'eau régale n'avait pu dissoudre.

Les trois masses obtenues, délayées dans l'eau, ont laissé dégager une odeur prononcée d'osmium, et déposer une poudre noire. La dissolution alcaline, filtrée et saturée par l'acide nitrique, a donné une odeur d'osmium, et il s'est formé un léger floconneux verdâtre que, dans son beau travail, M. Vauquelin a reconnu pour un mélange d'iridium et de titane : la même dissolution, se colorant en jaune à mesure que sa saturation s'opérait, a annoncé des traces de chrôme. Cette dissolution, sursaturée d'acide nitrique et distillée, a fourni un liquide blanc ayant une forte odeur d'osmium, et se colorant en bleu par l'addition de quelques gouttes de teinture de noix de galles. On ne peut donc douter que ce ne fût de l'osmium. La poudre noire s'est dissoute à froid dans l'acide hydrochlorique affaibli, en lui communiquant une couleur verdâtre qui est devenue rouge par

la chaleur. Cette dissolution s'est décolorée par l'addition de quelques gouttes de protosulfate de fer. On ne peut méconnaître à ces propriétés la présence de l'iridium.

Ainsi la portion insoluble dans les acides forme le quart de la mine brute non attirable à l'aimant, et j'estime qu'elle est composée, sur cinq parties, de trois parties d'iridium et d'une partie et demie d'osmium.

Après l'examen du résidu insoluble dans l'eau régale, je me suis occupé de rechercher la nature des substances que ce mélange d'acides avait dissoutes. J'ai évaporé la dissolution à siccité et dissous le résidu dans l'eau, en ajoutant ce qu'il a fallu d'acide hydrochlorique pour rendre la dissolution complète. J'ai versé dans la dissolution de l'hydrochlorate d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne s'y formât plus de précipité. Le précipité s'étant déposé, j'ai décanté la liqueur surnageante, qui ne contenait qu'un peu de fer, et n'a montré aucune trace de palladium. Le précipité formé par l'hydrochlorate d'ammoniaque avait une couleur chamois qui indique le mélange au platine d'une petite quantité d'iridium. Je l'ai fait sécher et je l'ai calciné pour en obtenir le platine; mais, au lieu de l'avoir sous forme d'éponge ou de poudre métallique, il n'est resté qu'un oxide rouge-brun semblable à de l'oxide de fer. Ce résidu, du poids de 15 centigrammes, s'est en effet dissous dans l'acide hydrochlorique comme cet oxide métallique, et n'a laissé que 4 parties de poudre de platine soluble dans l'eau régale, et qui était précipitée en totalité et en sel triple jaune par la dissolution d'hydrochlorate d'ammoniaque. La dissolution muriatique ne contenait que du fer; car le

précipité qu'y formait l'hydrocyanate ferruré de potasse était du bleu le plus pur. La précipitation de ce fer opérée en même temps que celle d'une moindre quantité de platine par le sel ammoniac me laissant quelques soupçons sur sa pureté, je l'ai précipité par un excès d'ammoniaque qui a conservé une teinte bleuâtre très-sensible. L'ammoniaque, sursaturée par quelques gouttes d'acide nitrique et mêlée à de l'hydrocyanate de potasse, a donné un précipité fleur-de-pêcher, qui annonçait que la couleur bleue qu'il avait prise était due à un peu de cuivre.

L'oxide de fer, séparé par l'ammoniaque, a été calciné avec de la cire pour en opérer la réduction, et dans cet état il a été entièrement attiré par le barreau aimanté : il pesait 10 centigrammes.

Ainsi on ne peut douter que ce ne fût du fer dans l'état de pureté parfaite.

Il résulte de cet essai que les grains considérés comme un alliage d'iridium et d'osmium sont formés sur 20 parties des substances ci-après désignées :

Portion insoluble dans l'eau régale, 5 parties, alliage d'iridium et d'osmium avec traces de titane et de chrôme;

Portion soluble dans l'eau régale, 15 parties, dont 10 de fer, 4 de platine, $\frac{1}{2}$ c. de cuivre et des traces d'iridium.

La petite quantité de la mine enlevée par le barreau aimanté, et qui en forme la dixième partie, est composée de fer, de quelques atomes de platine et de l'alliage d'iridium et d'osmium.

Les grains de couleur grise renferment plus de moitié

de fer, un peu de platine et de l'alliage d'iridium et d'osmium.

Quant aux grains blancs, ils paraissent presqu'entièrement formés d'alliage d'iridium et d'osmium, quoiqu'ils contiennent aussi un peu de platine et de fer.

Nouvelle suite *des Recherches de M.* Berzelius *sur l'Acide fluorique, et ses combinaisons les plus remarquables* (1).

(Traduit du suédois par M. Pash.)

Acide fluo-titanique et Fluates de titane.

Lorsqu'on verse de l'acide fluorique sur l'acide titanique, celui-ci s'échauffe, même après avoir été préalablement chauffé jusqu'au rouge, et se dissout complètement à l'aide de la chaleur. Evaporée à une chaleur douce jusqu'à la consistance d'un sirop, la dissolution donne naissance à des cristaux qui ne se redissolvent pas parfaitement dans l'eau, mais qui se décomposent en deux combinaisons particulières, dont l'une est acide et soluble, et l'autre a un excès de base et est insoluble. Cette dernière combinaison ne se décompose que très-difficilement par la chaleur rouge, et ne lâche la totalité de son acide fluorique que par la calcination dans une atmosphère de gaz ammoniac. La dissolution de l'acide

(1) *Voyez* tome XXVII de ce Journal, page 53.

fluo-titanique dans l'eau est analogue à l'acide fluo-silicique liquide ; elle contient de l'acide fluo-titanique et de l'acide fluorique combiné avec de l'eau. L'eau peut être remplacée par d'autres bases, et de cette manière se forme une série de sels que j'appellerai *fluo-titanates*.

Fluo-titanate de potasse. Il s'obtient en saturant la liqueur acide avec de la potasse jusqu'à ce que le précipité commence à ne plus se redissoudre. Alors, en évaporant le liquide, le sel se cristallise en écailles brillantes comme l'acide borique. Par la dessiccation, ces écailles prennent une couleur laiteuse et offrent un aspect soyeux. Les cristaux se redissolvent dans l'eau sans se décomposer. En les chauffant, ils donnent un peu d'eau qui cependant ne paraît pas y entrer en combinaison chimique. Si l'on distille les cristaux dans un appareil de platine, et qu'on recueille les produits de la distillation dans de l'eau, on obtient d'abord une portion de l'acide avec l'eau contenue dans le sel, et en saturant avec un alcali en excès l'acide dégagé, on trouve que celui-ci contient un peu de titane. Ensuite le sel se fond et ne s'altère plus, même étant chauffé jusqu'au rouge blanc. Maintenant si on le mêle avec du sulfate de soude acide et anhydre, et que l'on chauffe le mélange de nouveau jusqu'au rouge, il se dégage encore une portion d'acide fluorique et de titane (et de l'acide anhydre); mais la plus grande partie reste dans la combinaison. On voit par là que l'acide titanique ne donne avec l'acide fluorique aucune combinaison gazeuse, comme celle qui se forme par la silice ou l'acide borique avec l'acide fluorique. Si, après avoir retiré de l'appa-

reil distillatoire la masse fondue, on la pulvérise et qu'on y verse de l'acide sulfurique contenant de l'eau, il se dégagera de l'acide fluorique. Si l'on chauffe doucement un mélange de fluate de titane et de potasse avec du potassium, celui-ci s'oxide et se combine avec l'acide fluorique, et le titane se réduit; en même temps le mélange entre en une ignition très-vive. En dissolvant dans l'eau la masse qui résulte de cette opération, on obtient le titane sous la forme d'une poudre noire qui prend un éclat métallique sous le brunissoir. Il ne se dissout pas dans l'acide fluorique seul, mais très-bien dans un mélange de cet acide avec de l'acide nitrique. Le titane qui se trouve quelquefois dans les scories des hauts fourneaux, et qui est décrit par M. Wollaston, ne se dissout dans le mélange de l'acide fluorique avec de l'acide nitrique qu'à l'aide de la chaleur.

Pour analyser le fluo-titanate de potasse, j'ai dissous ce sel dans de l'eau bouillante et j'ai précipité avec de l'ammoniaque caustique. Après avoir lavé et séché l'acide titanique précipité, je l'ai chauffé jusqu'au rouge dans une atmosphère de gaz ammoniac. J'ai évaporé la liqueur jusqu'à sec, j'ai fait fondre la masse saline qui en est résultée, et j'ai pris son poids. En le redissolvant, j'ai trouvé encore une trace d'acide titanique que j'ai ajoutée à la quantité déjà trouvée. Cette analyse a donné 38,7 p. c. de potasse et 35 p. c. d'acide titanique, et par conséquent 26,3 p. c. d'acide fluorique, y compris la perte. La quantité d'oxigène contenue dans la potasse est 6,58, et l'oxigène de l'acide titanique 11,8. Ces nombres ne sont pas exactement dans le rapport de 1 à 2; mais il n'y a pas de doute que le sel ne soit

composé suivant la formule $\ddot{K}\ddot{F}+\dddot{T}i\ddot{F}^2$. Le calcul, d'après cette formule, donne :

Potasse ,	37,33 ;
Acide titanique ,	37,27 ;
Acide fluorique ,	25,40.

L'analyse et le calcul ne donnent pas exactement le même résultat. Cela tient à une petite quantité de fluo-silicate de potasse dont il est presque impossible de débarrasser ces sortes de combinaisons. Il en résulte que l'analyse doit donner les quantités de l'alcali et de l'acide fluorique un peu plus grandes, et celle de l'acide métallique un peu plus petite que les quantités calculées de ces mêmes substances.

Fluo-titanate de soude. Ce sel se dissout dans l'eau beaucoup plus facilement que le sel précédent. Je n'en ai obtenu qu'une masse saline sans cristallisation régulière.

Fluo-titanate d'ammoniaque. Ce sel se dissout dans l'eau plus facilement que le fluo-titanate de potasse, auquel il ressemble beaucoup. Par la distillation, il subit des changemens assez remarquables. Chauffé dans dans un appareil distillatoire de platine (1), il donne un sublimé de fluate d'ammoniaque; mais il ne change pas de forme et ne se fond pas. Si l'on ôte le sublimé et si l'on augmente la chaleur jusqu'au rouge naissant, le sel entre en fusion et se sublime ensuite, sans s'altérer, sous forme de flocons qui ne présentent aucun signe de cristal-

(1) A une température au-dessous de la chaleur rouge.

lisation ; les parois de l'appareil de platine prennent une couleur pourpre. Ce dernier sublimé est soluble dans l'eau ; sa saveur est aigre et styptique. Sa dissolution peut recevoir une grande quantité d'alcali avant qu'un précipité se manifeste. Lorsqu'on y met la quantité de potasse qui suffit pour former le précipité, la liqueur dégage une odeur d'ammoniaque qui devient de plus en plus forte. Par conséquent, le sel est composé d'acide fluo-titanique, combiné probablement avec la moitié de la quantité du fluate d'ammoniaque contenue dans le premier sel. D'après cela, on peut présumer qu'il existe une série correspondante de fluo-titanates d'autres bases : je n'ai examiné que celui dont je viens de parler.

Fluo-titanate de chaux. Il ne se dissout dans l'eau qu'avec un excès d'acide. Par l'évaporation, il se forme des cristaux prismatiques. Lorsqu'on dissout ces cristaux dans l'eau, il reste une poudre blanche insoluble.

Fluo-titanate de magnésie. Ce sel se dissout très-facilement dans l'eau ; sa saveur est amère ; pendant son évaporation spontanée on en obtient des cristaux aciculaires, qui ne sont plus complètement solubles dans l'eau.

Fluo-titanate d'oxide de plomb. Il est très-soluble dans l'eau. Par l'évaporation on en obtient des petits cristaux incolores d'une saveur d'abord douce, mais qui se change ensuite en une saveur amère. On peut les redissoudre dans l'eau sans qu'ils se décomposent.

Fluo-titanate d'oxide de cuivre. Il est très-soluble dans l'eau. Par l'évaporation spontanée on en obtient des cristaux aciculaires d'une couleur bleue-verdâtre pâle,

de la même forme que ceux du sel de magnésie. Le sel se décompose en partie par la dissolution dans l'eau.

Fluo-titanate d'oxide de fer. Il donne une solution jaune qui prend la consistance d'un sirop jaune et limpide par l'évaporation spontanée. En faisant évaporer la solution, même à une chaleur très-douce, on obtient une masse cristalline qui se décompose en la redissolvant dans l'eau.

Acide fluo-tantalique et fluo-tantalates. Tantale et ses combinaisons.

Lorsqu'on verse de l'acide fluorique sur l'acide tantalique préalablement calciné, celui-ci tombe en poudre ; mais l'acide fluorique n'en dissout rien. Néanmoins l'acide tantalique s'est combiné avec une portion d'acide fluorique que l'on en chasse en exposant la combinaison à la chaleur rouge.

L'acide tantalique, préparé par la fusion avec du sulfate acide de potasse et par le traitement de la masse saline par de l'eau, se dissout instantanément dans l'acide fluorique et donne une liqueur limpide incolore. S'il y a encore un reste de tantalite non décomposé, celui-ci n'est pas du tout attaqué par l'acide fluorique, qui n'exerce même aucune action sur la portion d'acide tantalique non dissoute par le sulfate. La dissolution, abandonnée à l'évaporation spontanée, se concentre jusqu'à un certain degré qu'elle ne dépasse pas. Si on l'évapore à une température plus élevée, mais qui ne surpasse pas + 30°, elle se concentre encore et dépose des cristaux. La masse n'est pas cristalline sur les bords,

mais elle a l'aspect d'un émail blanc; et si on laisse continuer l'évaporation, toute la masse prend ce même aspect. Les cristaux nouvellement retirés de l'eau-mère sont complètement solubles dans l'eau, et cette solution ne se trouble pas par l'acide fluo-silicique : ils paraissent être une combinaison d'acide fluo-tantalique et d'acide fluorique combiné avec de l'eau. Exposés à un air sec pendant un jour, ils tombent en efflorescence; l'acide fluorique combiné avec de l'eau se volatilise, et le sel n'est plus complètement soluble dans l'eau; il se sépare de la solution une combinaison insoluble avec un excès de base. La masse non cristalline dont nous avons parlé un peu plus haut a les mêmes propriétés; l'eau en dissout une combinaison acide en laissant une combinaison avec un excès de base. Il est probable que la combinaison des deux acides est neutre hors du contact avec l'eau, et que sa dissolution est analogue à l'acide fluo-silicique liquide.

Fluo-tantalate de potasse. On obtient ce sel en saturant avec de la potasse la solution des deux acides, jusqu'à ce qu'un précipité commence à se manifester. On doit faire cette opération à chaud, parce que d'ailleurs le sel se dépose et la solution se fige. En refroidissant, la solution dépose des cristaux en écailles à-peu-près semblables aux cristaux du fluo-titanate correspondant. Ils se dissolvent difficilement mais complètement dans l'eau. La dissolution s'opère avec plus de facilité dans l'eau chaude; mais l'eau bouillante décompose le sel en donnant naissance à un dépôt blanc et pulvérulent. On obtient encore ce sel en mêlant du fluate acide de potasse avec de l'acide tantalique et de l'eau, et chauffant

le mélange. Après la cristallisation du sel, l'eau-mère contient du fluate neutre de potasse.

Il semble que l'acide fluo-tantalique puisse se combiner avec la potasse en plusieurs proportions, dont deux ont le rapport de $1\frac{1}{2}$ à 2, comme nous le verrons plus bas. Le sel dont nous avons parlé contient la plus petite quantité d'acide fluo-tantalique. Si l'on ajoute à la solution de ce sel de l'acide fluorique, celui-ci s'empare de $\frac{1}{3}$ de la quantité de potasse pour en former du fluate acide de potasse. On obtient toujours le nouveau sel qui résulte de cette opération lorsqu'on fait fondre l'acide tantalique avec de la potasse, et que l'on sature la masse, après l'avoir dissoute dans de l'eau bouillante, avec de l'acide fluorique en excès. Il est difficilement soluble dans l'eau et cristallise en petites aiguilles. Ni l'un ni l'autre de ces sels ne contiennent d'eau en combinaison chimique, et on peut les fondre à une chaleur rouge-blanc dans un creuset de platine sans qu'ils perdent leur acide. Même après avoir mêlé avec du sulfate acide et anhydre de potasse réduit en poudre le sel préalablement fondu et refroidi, on peut chauffer ce mélange jusqu'au rouge blanc sans qu'il se dégage autre chose que de l'acide sulfurique anhydre; et en versant de l'acide sulfurique avec de l'eau sur la masse qui reste, celle-ci se dissout avec dégagement d'acide fluorique.

Fluo-tantalate de soude. Ce sel est très-soluble dans l'eau. Je n'ai pu parvenir à l'obtenir que sous la forme d'une masse saline irrégulière.

Fluo-tantalate d'ammoniaque. Ce sel ressemble au fluo-tantalate de potasse, mais il est beaucoup plus soluble dans l'eau. Si on le redissout dans l'eau, il se

décompose en déposant une poudre blanche. Lorsqu'on le chauffe dans un appareil distillatoire de platine, il se sublime du fluate d'ammoniaque contenant de l'acide tantalique, et il reste de l'acide fluo-tantalique qui ne s'altère pas par la chaleur.

Les *fluo-tantalates de chaux et de magnésie* sont solubles dans l'eau. Par l'évaporation, ils perdent une portion d'acide fluorique et déposent une combinaison peu soluble dans l'eau.

Avec l'*oxide de plomb* l'acide fluo-tantalique ne donne qu'une combinaison très-peu soluble dans l'eau.

Tous ces sels ont une disposition très-marquée à se décomposer par l'ébullition, par l'évaporation et surtout par la redissolution des cristaux dans de l'eau chaude, en deux combinaisons, dont l'une est acide et soluble, et l'autre moins riche en acide fluorique et formant un précipité blanc. Je n'ai fait l'analyse spéciale d'aucun de ces précipités ; mais j'ai trouvé en général qu'ils contiennent de l'acide fluorique et de l'acide tantalique et une moindre quantité de base que les sels ordinaires. Le fluo-tantalate de potasse est le moins disposé à se décomposer de cette manière; les fluo-tantalates de soude et d'ammoniaque, au contraire, jouissent de cette propriété au plus haut degré.

Tantale. Pour étudier ce métal très-peu connu, j'ai essayé l'action du potassium sur le fluo-tantalate de potasse. En chauffant un mélange de ces substances, la masse entra en ignition; il se forma du fluate de potasse et le tantale fut réduit. En traitant ensuite la masse à l'eau, elle se dissolvit en dégageant du gaz hydrogène, et il resta une poudre noire et pesante qui était du tan-

tale. Dans cet état, le tantale est d'une couleur parfaitement noire. Lorsqu'il est sec, il prend de l'éclat sous le brunissoir, et développe alors une couleur de fer grise. Il est extrêmement mauvais conducteur de l'électricité. Il n'est attaqué ni par l'acide hydrochlorique ni par l'acide nitrique. Après l'avoir fait bouillir très-long-temps dans de l'eau régale, celle-ci contient en dissolution une très-petite portion de tantale que l'on peut découvrir à l'aide de l'ammoniaque. Même l'acide sulfurique dissout, par la digestion bouillante, une trace de tantale. Un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique n'est pas un meilleur dissolvant que l'acide sulfurique seul. L'acide fluorique dissout le tantale avec dégagement de gaz hydrogène, et le mélange s'échauffe. Un mélange d'acide fluorique et d'acide nitrique dissout le tantale avec beaucoup d'avidité. Si l'on chauffe le tantale, il s'allume bien avant que la température soit portée jusqu'au rouge, et brûle avec vivacité en se changeant entièrement en acide tantalique. Le tantale, ayant été chauffé jusqu'au rouge dans du gaz hydrogène, éprouva ensuite par l'oxidation une augmentation en poids qui était tantôt de 17, tantôt de 15,84 ou 15,33 pour cent, et toujours cette augmentation était moindre à mesure que le tantale était exempt de silice. Ne pouvant espérer un résultat exact par l'oxidation du tantale obtenu de la manière que nous avons dit, je me suis servi dans la suite de la combustion du sulfure de tantale pour en conclure la composition de l'acide tantalique, comme nous le verrons plus bas.

Sulfure de tantale. Si l'on chauffe le tantale dans de la vapeur de soufre, il s'allume à la température rouge

et brûle avec vivacité. La combinaison forme une masse grise d'un grain fin et d'un aspect métallique; elle prend plus d'éclat par la compression, et se réunit alors en masses qui ressemblent au graphite. Ce sulfate est conducteur de l'électricité; ce qui semble prouver que le tantale le doit être aussi lorsqu'il est pur et compacte. Le sulfure de tantale ne se laisse point attaquer ni par l'acide hydrochlorique ni par l'acide nitrique séparément; mais si l'on mêle ces deux acides ensemble et qu'on fasse bouillir ce mélange avec le sulfure, celui-ci se décompose, le soufre se convertit en acide sulfurique, et le tantale en acide tantalique, qui ne se dissout pas. L'acide fluorique ne dissout pas le sulfure de tantale; et à moins que celui-ci ne contienne d'autres sulfures, aucun dégagement d'hydrogène sulfuré n'a lieu, pas même en faisant bouillir le mélange; mais l'acide fluorique, mêlé avec de l'acide nitrique, dissout le métal du sulfure, et le soufre reste.

Si l'on fait fondre le sulfure de tantale avec de l'hydrate de potasse dans un vase où il n'y a point de renouvellement d'air, le sulfure se dissout, et on obtient une masse couleur d'orange, et qui ne change pas de couleur par le refroidissement. Si l'on y verse de l'eau, la masse se noircit et l'eau contient de la potasse pure. L'explication de ce phénomène intéressant est fort simple. Pendant la fusion du sulfure avec la potasse il se forme du tantalate de potasse et une combinaison de sulfure de potassium avec du sulfure de tantale. En ajoutant de l'eau, le potassium s'oxide de nouveau aux dépens de l'acide tantalique qui reprend son soufre, et il se forme du sulfure de tantale par la voie humide. Si la masse

fondue a été exposée à l'air, elle contient du sulfure de potassium au *maximum* (KS^{10}) avec un peu de tantalate de potasse qui ne se décompose pas. Laissé au contact de l'air, le sulfure de tantale régénéré s'oxide en peu d'heures et devient blanc ; mais lorsqu'il est recouvert de la liqueur, il se conserve quelque temps. Le sulfure de tantale s'enflamme à la chaleur rouge naissante ; mais comme le tantale jouit d'une beaucoup plus grande affinité pour l'oxigène que le soufre, celui-ci se volatilise d'abord, et brûle à la surface avec une flamme bleue. Pendant la combustion il se forme une combinaison d'acide sulfurique et d'acide tantalique. Il faut une calcination très-prolongée pour décomposer cette combinaison : l'acide sulfurique s'en dégage plus facilement si l'on opère dans une atmosphère de gaz ammoniac.

Chlorure de tantale. Le tantale brûle dans le chlore avec vivacité. Il se produit un gaz d'une couleur jaune foncée. Ce gaz se condense en une poussière blanche tirant sur le jaune, et qui n'offre aucun signe de cristallisation. Si l'on humecte cette poussière avec de l'eau, il se fait un bruit occasioné par la chaleur qui se développe au même instant, et il se forme de l'acide tantalique qui se dépose pour la plus grande partie ; la portion qui en reste en dissolution s'en sépare par l'évaporation. Les réactifs n'ont indiqué aucune trace de fer dans cette solution ; ce qui prouve que sa couleur jaunâtre ne provient pas d'une portion de fer.

Cyanure de tantale avec du cyanure de fer. Si l'on verse une dissolution d'hydrocyanate ferruré de potasse sur le chlorure de tantale, celui-ci se colore en orangé foncé, mais ne se dissout point. Il en résulte un cya-

nure double de tantale et de fer. Il n'éprouve aucune altération ni par l'air ni par l'eau, et on peut le faire bouillir dans l'eau sans qu'il se décompose. Lavé sur un filtre et séché, sa couleur est d'un brun foncé. Cette combinaison ne se forme pas si le chlorure de tantale a été humecté avec de l'eau; elle ne se forme pas non plus si l'on instille une solution d'acide fluo-tantalique dans une solution d'hydrocyanate ferruré de potasse. Cependant M. Wollaston a remarqué que l'hydrocyanate ferruré de potasse produit un précipité jaune dans l'acide tantalique dissous dans une solution d'oxalate acide de potasse.

Composition de l'acide tantalique. Pour trouver la composition de l'acide tantalique, j'ai employé du sulfure de tantale préparé de la manière suivante : je fis dissoudre de l'acide tantalique contenant de l'eau dans de l'acide fluorique; j'ajoutai de l'acide sulfurique à la solution filtrée, je fis évaporer ce mélange à siccité, et je calcinai la masse jusqu'à ce qu'elle n'éprouvât plus aucune perte. J'obtins par ce procédé l'acide tantalique exempt de silice, parce que cette dernière substance s'était volatilisée avec l'acide fluorique. J'introduisis dans un tube de porcelaine l'acide tantalique calciné, et je fis chauffer jusqu'au rouge blanc. Je fis ensuite passer par le tube des vapeurs de sulfure de carbone que je recueillis dans de l'eau, après leur passage par le tube. Dès que les vapeurs se condensèrent dans l'eau sans dégagement d'aucun gaz permanent, je bouchai hermétiquement l'appareil et le laissai refroidir. Le sulfure obtenu était une masse brillante et grenue qui se laissait étendre sur la peau comme le talc.

Dans deux expériences, 100 parties de sulfure de tantale donnèrent 89,6 p.; et dans une troisième expérience, 89,743 p. d'acide tantalique. Je fus toujours obligé de chauffer l'acide jusqu'au rouge dans une atmosphère de carbonate d'ammoniaque, pour le débarrasser entièrement de l'acide sulfurique.

Maintenant, si la composition de l'acide tantalique est proportionnelle à celle du sulfure de tantale, il s'ensuit que la perte en poids qu'éprouve le sulfure de tantale en se changeant en acide tantalique, doit être, au poids de l'oxigène de ce dernier, dans le même rapport que le poids d'un atome de soufre est au poids d'un atome d'oxigène. En effet, dans l'expérience ci-dessus mentionnée, le tantale s'empara de la quantité entière du soufre qui se dégageait à mesure que le carbone s'oxidait aux dépens de l'acide tantalique. En outre, dans le cas contraire, l'acide tantalique contiendrait une quantité d'oxigène plus grande que celle que nous avons trouvée plus haut par l'oxidation du tantale, et même que celle donnée par l'analyse des fluo-tantales. Il me resta encore à examiner si le sulfure de tantale ne contenait aucune substance étrangère. J'en fis en conséquence l'analyse avec du chlore. Je soufflai, au milieu d'un tube de baromètre, deux boules, l'une auprès de l'autre, et j'introduisis dans l'une de ces boules une portion de sulfure de tantale dont je connaissais le poids, et je fis passer par le tube un courant de chlore qui, avant d'y entrer, passait par un autre tube rempli de chlorure de calcium. Pour chasser l'air atmosphérique, je laissai passer le chlore par le tube pendant deux heures, sans employer de chaleur. Vers

la fin des deux heures, le sulfure commença à s'échauffer de lui-même et d'absorber le chlore, mais sans entrer en ignition. Quand l'appareil eut cessé d'être chaud, je l'exposai à une très-douce chaleur pour volatiliser et faire entrer dans l'autre boule les chlorures qui s'étaient formés, et pour faciliter l'absorption du chlore par le sulfure non décomposé. Quand l'absorption du chlore eut cessé, et que toutes les combinaisons volatiles se furent rendues dans la seconde boule, je chassai le chlore de l'appareil par un courant de gaz acide carbonique que j'avais fait passer préalablement par un tube rempli de calcium. Il resta dans la première boule une substance noire dont le poids était 0,0025 du poids du sulfure employé; cette substance prit une couleur plus claire par l'effet de la chaleur, sans devenir blanche ni changer sensiblement son poids. Les produits de l'action du chlore sur le sulfure de tantale étaient du chlorure de tantale et du chlorure de soufre. A une certaine température, celui-ci distillait seul en formant une liqueur rouge. En versant à la fois une grande quantité d'eau sur les deux chlorures, il en résulta une solution parfaite, à un peu de soufre près qui resta dans l'appareil. Je chauffais cette solution, elle devint moins limpide; et en faisant continuer son évaporation, l'acide tantalique se prit en une masse gélatineuse, à-peu-près comme celle de la silice. La liqueur filtrée et saturée d'un alcali ne précipita rien. Par conséquent, le sulfure de tantale que j'avais employé était exempt de toute substance étrangère, excepté $\frac{1}{4}$ pour cent d'une matière incombustible qui paraissait être de l'acide tantalique noirci par un peu de charbon, et qu'il faut défalquer

du sulfure de tantale employé et de l'acide tantalique obtenu.

Or, 100 parties de sulfure de tantale ont donné 89,6 p. d'acide tantalique. En retranchant 0,25 de l'un et l'autre de ces nombres, il s'ensuit que 99,75 p. du sulfure doivent donner 89,35 p. d'acide. La différence de ces derniers nombres est = 10,4, et la différence des poids d'un atome d'oxigène et d'un atome de soufre est = 101,16. Donc, 101,16 : 10,4 = 100 : 10,287. Par conséquent, 89,35 p. d'acide tantalique contiennent 10,287 p. d'oxigène, ou, ce qui revient au même, l'acide tantalique est composé de :

Tantale,	88,487	ou	100
Oxigène,	11,513		13,011
	100,00.		

Il reste encore à examiner le nombre des atomes d'oxigène contenus dans cet acide. J'espérai, au commencement, d'obtenir des résultats satisfaisans par l'analyse du fluo-tantalate de potasse. Trois analyses de ce sel préparé de manières différentes ont donné :

	1.	2.	3.
Potasse..........................	23,23	23,61	23,77;
Acide tantalique............	57,48	57,20	56,30;
Perte, supposée être de l'acide fluorique................	19,29	19,19	19,93.

Ces analyses paraissent s'accorder, mais elles ont cependant une défectuosité qui leur est commune. En effet, la quantité d'acide fluorique appartenant à la

potasse étant 5,33, la perte totale en acide fluorique devait être le triple ou le quadruple de ce nombre; mais elle est entre les deux; ce qui fait voir que l'acide fluorique doit avoir emporté avec lui quelque substance étrangère. Cette substance ne peut être autre chose que de la silice, quoique je n'en aie pu découvrir qu'une trace en distillant le sel avec de l'acide sulfurique dans un appareil de platine. Lorsque j'avais préparé ce sel avec du tantalate de potasse et de l'acide fluorique en excès, l'analyse a donné jusqu'à 63 p. c. d'acide tantalique; mais il y avait encore entre la perte et la quantité de la potasse la même discordance que dans les analyses ci-dessus mentionnées. Ainsi je n'ai obtenu aucun résultat satisfaisant des analyses de ce sel, qui m'ont seulement fait soupçonner que dans l'un de ces sels la quantité de l'oxigène de l'acide tantalique était, à celle de l'oxigène de la potasse, dans le rapport de $1\frac{1}{2}$ à 1, et, dans l'autre, dans le rapport de 2 à 1.

Mes analyses anciennes de l'acide tantalique m'avaient fait voir que 100 parties d'acide tantalique (précipité du tantalate de potasse par de l'acide hydrochlorique), séché à une chaleur douce, rendaient par la calcination 11,17 p. d'eau. Donc, 100 p. de l'acide anhydre peuvent se combiner avec 12,57 p. d'eau, dont la quantité d'oxigène est 11,18. On voit par là que dans l'acide tantalique hydraté l'acide et l'eau contiennent des quantités égales d'oxigène.

Mes expériences sur la quantité de baryte qu'exige l'acide tantalique pour sa saturation complète ont donné tout au plus 40 parties de baryte sur 100 parties d'acide. Les 40 p. de baryte contiennent 4,2 d'oxigène

ou $\frac{1}{3}$ de l'oxigène de l'acide. De plus, en calculant la composition du tantalite de Kimito, on trouve que la quantité d'oxigène de l'acide tantalique y est le triple de la quantité d'oxigène de la base, à très-peu près. En examinant les tantalites de Broddbo et de Finbo, on voit que la somme des quantités de l'oxigène contenu dans les bases est à la somme des quantités d'oxigène de l'acide tantalique, de l'acide tungstique et de l'oxide d'étain, dans le rapport de 1 : 3. Dans les yttro-tantales, la quantité d'oxigène des bases est égale à celle de l'acide tantalique. D'après l'analyse de M. Vogel, le tantalite de Bavière est composé de manière que la quantité d'oxigène de l'acide tantalique y est le double de la quantité d'oxigène des bases, en admettant que le fer et le manganèse s'y trouvent à l'état d'oxidules. Le tantale que j'avais obtenu dans mes expériences anciennes, par la réduction de l'acide tantalique avec du charbon, n'était pas du tantale pur, parce que l'acide tantalique n'avait éprouvé qu'une perte de 5,2 pour cent de son poids. En l'oxidant de nouveau, je trouvai qu'il absorbait depuis 3,5 jusqu'à 4, ou même 4,2 pour cent d'oxigène pour redevenir acide; d'où il est clair, d'après ce que nous avons dit plus haut, que 100 parties du tantale en question contenaient auparavant 7, 8 ou 8,4 d'oxigène; ou en admettant, comme terme moyen, que 100 parties de ce tantale eussent absorbé 3,9 d'oxigène en se transformant en acide tantalique, ces 100 parties avaient contenu 7,8 d'oxigène. Il y a donc un oxide de tantale où le métal est combiné avec $\frac{2}{3}$ de la quantité d'oxigène qu'il lui faut pour former l'acide. Par conséquent, cet oxide consiste en :

Tantale,	92,019	ou	100
Oxigène,	7,781		8,674.

Je fis chauffer cet oxide avec du salpêtre dans un appareil distillatoire de verre, et je recueillis dans de l'eau de chaux le gaz qui se dégageait; mais je n'y trouvai qu'une trace d'acide carbonique. Le but de cette expérience était d'examiner si l'oxide n'était pas un mélange d'acide tantalique et de carbure de tantale. Ni l'acide fluorique seul ni un mélange de cet acide avec de l'acide nitrique n'attaquent cet oxide, pas même lorsqu'on fait bouillir les acides avec l'oxide réduit en poussière fine.

De toutes ces circonstances, j'ai cru pouvoir conclure que l'acide tantalique doit contenir 3 atomes d'oxigène. Alors le poids d'un atome de tantale est $=2305,75$, et le poids d'un atome d'acide tantalique $=2605,75$. On peut donc exprimer cet acide par le signe $\dddot{Ta}$.

Avant que de quitter le tantale, je dirai quelques mots d'un minéral contenant du tantale que j'avais présumé y être combiné avec du fer à l'état métallique, à raison d'un surcroît du poids des matières constituantes trouvées par l'analyse. Ce minéral est le tantalite de Kimito, qui donne une poudre d'une couleur de cannelle, et dont la pesanteur spécifique, plus grande que celle du tantalite commun, va jusqu'à 7,65 ou même 7,96. La couleur de ce tantalite réduit en poudre ressemble parfaitement à celle de l'oxide de tantale. 100 parties de ce minéral soumises à l'analyse ont donné 104,13 p. de substances oxidées, savoir :

		Oxigène.	
Acide tantalique,	85,85	9,88;	
Oxide de fer,	14,41	2,872	(de l'oxidule);
Oxide de manganèse,	1,79	0,354	(de l'oxidule);
Oxide d'étain,	0,80;		
Chaux,	0,56;		
Silice,	0,72.		
	104,13.		

La quantité d'oxigène des bases est $= 3,226$ ou le tiers de la quantité d'oxigène de l'acide tantalique; mais en retranchant du surcroît $= 4,13$ la quantité qui a transformé, dans l'analyse, les oxidules en oxides, ou 1,61, il reste 2,52 pour la quantité de l'oxigène combiné au tantale. On voit par là que presque la totalité du tantale ne s'est pas trouvée dans le minéral à l'état métallique, mais à l'état d'oxide, de sorte que le minéral peut être nommé *tantalite d'oxidule de fer,* dont la formule est :

$$\left.\begin{matrix}\ddot{F}e\\ \ddot{M}n\end{matrix}\right\}\ddot{T}a^2,$$

en négligeant le tantalate d'oxidule de fer qui peut se trouver dans le minéral.

(La suite au Cahier prochain.)

ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 27 juin 1825.

M. ZUGENBUHLER écrit à l'Académie pour réclamer la priorité des idées consignées dans le Mémoire lu dernièrement par M. Barry. A sa lettre se trouve joint un exemplaire d'une Dissertation imprimée depuis dix ans et intitulé : *Dissertatio de Motu sanguinis per venas.*

M. Frizon fait déposer un écrit relatif à la sommation des puissances semblables des racines d'une équation.

M. Puissant adresse un Mémoire *sur la Détermination de la figure de la terre par les mesures géodésiques et astronomiques.*

M. Navier fait un rapport sur un Mémoire de M. Raynalt *concernant un Moteur très-puissant applicable à toute espèce de mécanisme.*

L'auteur du Mémoire a mal choisi ses données; il a été trompé par d'anciennes expériences sur la dilatation des gaz.

M. Vauquelin lit le Mémoire que nous avons déjà imprimé, *sur l'Existence de l'iode dans le règne minéral.*

M. Girard lit le Mémoire qui fait partie de ce volume, *sur l'Attraction mutuelle de deux surfaces mouillées, placées à des distances sensibles dans le liquide où elles sont submergées.*

M. Adrien de Jussieu lit un Mémoire *sur le Groupe des rutacées.*

Séance du lundi 4 juillet.

M. le baron Blein adresse une Note sur des expériences d'acoustique, et quatre barreaux d'acier avec lesquels elles ont été faites.

M. Thenard rend un compte verbal de l'ouvrage que M. Longchamp a publié sur les eaux de Vichy.

M. Arago annonce que M. Kupfer, professeur de Cazan, se propose de faire un voyage en Sibérie pour y étudier les phénomènes magnétiques, et qu'il se chargera d'y faire toutes les expériences que l'Académie voudrait bien lui signaler.

M. Girard, directeur de l'Ecole vétérinaire d'Alfort, lit un Mémoire *sur les Hernies du cheval.*

M. Costa donne lecture d'un Mémoire *sur la Fièvre jaune de Barcelone.*

M. Bussy lit un Mémoire *concernant l'Action de la chaleur sur les corps gras.*

Séance du lundi 11 juillet.

M. Gaëtano Giorgini, ancien élève de l'Ecole polytechnique, adresse le Mémoire que nous avons imprimé plus haut, *sur les Causes de l'insalubrité de l'air dans le voisinage des marais en communication avec la mer.*

M. Le Jeune Dirichlet envoie un Mémoire *sur l'Impossibilité de quelques équations indéterminées du* 5me *degré.*

M. Cagnon, médecin à Vitry-le-Français, transmet

un Mémoire intitulé : *Quelques Réflexions sur les moyens d'éviter toujours la lésion du rectum, et d'arrêter les hémorrhagies pendant ou peu de temps après l'opération de la pierre.*

M. Arago communique de nouvelles observations de températures des sources artésiennes, qui confirment entièrement les anciens résultats. La source de Saint-Venant se maintient toute l'année, à $+14°,0$ centigrades, dans un pays dont la température moyenne n'est certainement pas de $+11°,0$. Cette source vient de 100 mètres de profondeur.

M. Arago présente le premier tableau des observations météorologiques qui seront faites à l'avenir par les gardiens de la tour de Cordouan, d'après les ordres que M. Becquey a bien voulu donner à sa prière.

M. Lasserre lit, en son nom et au nom de M. Costa, quelques éclaircissemens sur la proposition que celui-ci a faite dans la précédente séance. Pour prouver la non-contagion de la fièvre jaune, MM. Lassis, Costa et Lasserre offrent de se revêtir des habillemens qu'auraient portés des personnes mortes de cette maladie.

M. Nicollet lit, en son nom et au nom du colonel Brousseaud, un Mémoire intitulé : *Exposé des opérations relatives à la mesure d'un arc du parallèle moyen entre le pôle et l'équateur.*

M. Dupuy lit un premier Mémoire *sur la Distillation des corps gras.*

Séance du lundi 18 *juillet.*

M. Puissant écrit pour faire remarquer qu'une portion du travail que MM. Brousseaud et Nicollet ont

présenté à la dernière séance, est fondée sur ses méthodes, sur ses formules, et qu'une grande partie du calcul a été faite par ses soins.

M. Le Gendre, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur le Mémoire d'analyse présenté dernièrement par M. Le Jeune d'Yrichlet.

M. Arago communique les observations qu'il a faites, de concert avec M. Mathieu, sur la déclinaison de la 61me du cygne, et d'où il leur paraît résulter que cette étoile, qu'on peut regarder comme une des plus voisines de la terre, vu la grande rapidité de son mouvement propre, n'a pas cependant *une seule seconde* de parallaxe annuelle.

M. Arago explique ensuite comment il s'est assuré que la lunette qu'il a employée dans un grand travail relatif aux diamètres des planètes, ne donne pas d'irradiation sensible.

M. Cuvier fait un rapport très-favorable sur les collections zoologiques que les naturalistes de l'expédition de M. Duperrey ont rapportées.

M. Libri lit un Mémoire *sur la Théorie mathématique de la chaleur.*

Séance du lundi 25 juillet.

M. Girard rend un compte verbal de l'ouvrage intitulé : *Statistique de l'ancien département de Montenotte*, par M. le comte Chabrol de Volvic.

M. Chaussier rend un compte verbal d'un ouvrage de M. Huzard fils, intitulé : *De la Garantie et des vices rédhibitoires dans le commerce des animaux domestiques.*

Il résulte d'un rapport fait par M. Boyer que M. Cagnon n'a pas atteint le but qu'il se proposait dans le Mémoire *relatif aux lésions du rectum.*

M. Gambard, directeur de l'Observatoire de Marseille, présente les élémens paraboliques de la comète qu'il a découverte le 19 mai 1825.

M. Arago, au nom de la Section d'Astronomie, présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante dans son sein, par la mort de M. Burckardt :

M. Damoiseau, MM. Puissant et Nicollet, Coraboeuf, Daussy.

M. Arago expose ensuite les titres des candidats. Durant la discussion, M. de Laplace cite M. le colonel Brousseaud, comme méritant, suivant lui, de figurer dans la liste des personnes présentées.

M. Le Gendre fait une observation semblable au sujet de M. le colonel Bonne.

PREMIER MÉMOIRE *sur la Distillation des corps gras.*

Par M. DUPUY, Elève en Pharmacie.

DANS le courant de l'année 1823, ayant eu occasion de distiller des huiles de lin et de pavot, je fis la remarque que la température influait sur la consistance des produits obtenus; car, en n'élevant pas l'huile à l'ébullition, on obtenait un produit solide, formant les

trois quarts de l'huile employée; tandis que si on dépassait ce terme, on obtenait constamment un produit liquide dans tout le cours de l'opération. Je recommençai à diverses reprises sur différentes huiles, et toujours les mêmes phénomènes se reproduisirent, les circonstances étant les mêmes. Etonné de ces résultats, que je ne trouvais consignés dans aucun ouvrage, et ne pouvant m'en rendre compte, je les communiquai à M. Thenard, en lui remettant un échantillon du produit solide obtenu de la distillation de l'huile de pavot. Ce savant m'accueillit avec bonté, me dit qu'il ferait répéter mes expériences, et m'engagea en même temps à les soumettre à M. Chevreul, qui s'occupait de l'étude des corps gras. M. Lecanu était présent à cette communication, et de plus était préparateur de M. Thenard.

Je n'avais en vue, d'abord, que de connaître pourquoi la distillation des huiles donnait des produits solides; je pensais d'autant moins à pousser plus loin mes recherches, que je n'avais ni le temps ni les connaissances nécessaires pour le faire avec succès. Cependant, d'après les conseils de M. Thenard, je vis M. Chevreul. Ce savant me reçut avec tant de bonté, il m'engagea avec tant d'obligeance à suivre mes expériences, m'offrant son laboratoire et ses conseils, que, malgré le peu de temps dont j'avais à disposer, je me décidai à continuer mon travail, ne voulant pas perdre l'occasion de pouvoir opérer sous les yeux d'un chimiste aussi distingué.

J'ai donc repris mes expériences sous la direction de M. Chevreul, et c'est à ses conseils éclairés que je dois tous les faits que j'ai recueillis; j'ajouterai que M. Chevreul les connaissait tous avant la publication de son

ouvrage sur les corps gras d'origine animale ; que s'il n'en dit rien dans cet ouvrage, c'est par excès de délicatesse. J'ai plusieurs fois insisté, dans l'intérêt de la science, pour qu'il s'emparât de ce travail, qui dans ses mains aurait acquis un nouvel intérêt ; mais toujours trop scrupuleux, il a repoussé mes instances, regardant la chose comme m'appartenant, parce que je lui avais soumis mes premières observations.

Il y a plus d'un an que ce savant m'engageait à publier une Note, seulement pour prendre date ; je ne le voulus pas parce que j'espérais de jour en jour approfondir davantage ce travail pour le rendre digne d'être offert au public ; mais aujourd'hui que M. Bussy et M. Lecanu ont traité le même sujet, en opérant précisément sur les huiles de lin et de pavot, qui ont été les premiers corps gras que j'ai examinés, je prends le parti de publier les faits que j'ai observés depuis long-temps.

Tableau de diverses distillations.

N° 1er. Huile d'olive...	100	produit solide...	76.470
		produit liquide...	23.529
		charbon........	3.676
			103.675.
N° 2. Huile d'olive....	100	produits solide et liquide.......	100
		charbon........	2.650
			102.650.
N° 3. Axonge.......	100	produit solide....	74.609
		produit liquide...	12.307
		charbon	3.846
			90.762.

N° 4. Suif..........	100	{	produit liquide...	87.499
			charbon..........	3.124
				90.623.
N° 5. Suif..........	100	{	produit liquide...	83.033
			charbon	4.052.
				87.085.

L'augmentation de poids dans les produits des distillations n°s 1 et 2 provient probablement de ce que la température est restée insuffisante pour porter l'huile à l'ébullition pendant la distillation du premier produit, et qu'alors la matière a absorbé une certaine quantité d'oxigène atmosphérique.

Celle n° 3 a été faite avec moins de soin, c'est-à-dire que la matière grasse a été assez chauffée pour bouillir à plusieurs reprises, ce qui a occasioné une perte sensible, 1°. parce qu'une portion de matière grasse a été entraînée par les gaz; 2°. parce que la proportion de gaz produit a été plus forte que dans la distillation faite à une température basse; 3°. par la moindre quantité d'oxigène absorbé.

Celles n°s 4 et 5 ont été faites à une température élevée, soutenue pendant tout le cours de l'opération : aussi la perte est-elle plus considérable : on remarquera qu'elle diffère dans toutes les opérations; mais en faisant attention que la chaleur a pu être plus ou moins intense dans un cas que dans l'autre, on pourra facilement s'en rendre raison.

Quoi qu'il en soit, il résulte de mes expériences que si on distille l'huile à une température voisine de son point d'ébullition, avec le contact de l'air, et si l'on opère avec précaution, le produit de la distillation égale la quantité d'huile employée, plus une quantité notable de charbon très-cassant et difficile à incinérer.

Examinons maintenant les produits de ces distillations, et commençons par ceux de la distillation de l'huile.

Si on fractionne les produits d'une distillation, on en obtient deux bien distincts, sans compter l'eau et les gaz que je n'ai pas examinés, ayant supposé leur nature suffisamment connue par les recherches nombreuses auxquelles ils ont donné lieu : le premier est le plus considérable puisqu'il forme les trois quarts de l'huile employée; il est d'une consistance qui approche de celle de l'axonge; il est jaunâtre au commencement de l'opération et a peu de consistance; mais peu à peu il en acquiert et devient d'un très-beau blanc. Enfin arrive une époque où la teinte jaunâtre se manifeste de nouveau : c'est une indice que l'opération sera bientôt terminée; car arrive un instant où l'on ne peut plus rien obtenir si la température n'est pas augmentée : ce produit a une odeur extrêmement désagréable et pénétrante; il est fortement acide.

Le second s'obtient en portant le résidu à l'ébullition; il forme l'autre quart de l'huile employée; il est liquide, jaune ambré, immédiatement après sa condensation; mais s'il reste quelques jours en contact avec l'air, il en absorbe l'oxigène et devient d'un brun très-foncé. Il ne se colore pas par son exposition à la lumière du so-

leil, tant qu'il n'a pas le contact de l'air. Son odeur est bien moins désagréable que celle du premier produit. Je lui trouve de l'analogie avec l'huile empyreumatique de succin : il est aussi très-sensiblement acide.

C'est en appliquant à ces produits la formule analytique que M. Chevreul a donnée dans son ouvrage sur les corps gras, que je suis parvenu à reconnaître les acides margarique ou stéarique, l'acide oléique, l'acide sébacique, un acide volatil odorant que je désignerai par la lettre *A*, un principe volatil odorant, non acide; une matière grasse non acide.

Je vais décrire brièvement la manière dont je suis arrivé à ces résultats en opérant sur le premier produit.

Examen du premier produit.

1°. Il a été agité à plusieurs reprises et laissé en contact avec l'eau distillée froide.

2°. La liqueur a été filtrée; elle était acide et odorante; elle a été distillée.

3°. Le produit de la distillation était incolore. Il contenait au moins deux principes, l'acide volatil odorant *A* et le principe odorant non acide. Pour séparer ces corps, je neutralisai le liquide qui les contenait par la baryte; je distillai : le produit odorant non acide passa dans le récipient; l'acide *A*, uni à la baryte, resta dans la cornue; je le séparai de cette base au moyen de l'acide phosphorique : il est odorant, il a du rapport avec celui que M. Chevreul a obtenu des graisses rances, et par sa volatilité, l'aspect huileux de son hydrate, il est congénère des acides phocénique et butirique.

4°. Le résidu de la distillation des eaux de lavage évaporé à une douce chaleur s'est trouvé composé d'acide sébacique, coloré en jaune brun, et d'une matière extractive soluble dans l'eau, susceptible de brunir par le contact de l'air.

5°. La matière grasse non dissoute par l'eau et privée d'acide sébacique par l'eau bouillante, a été traitée par la magnésie pure, qui s'est unie aux acides qu'elle contenait ; la matière traitée un grand nombre de fois par l'eau bouillante a cédé à ce liquide un sel blanc efflorescent, dont l'acide m'a paru analogue, sinon identique, avec l'acide *A*.

6°. L'eau ne se chargeant plus de sel magnésien, on a traité par l'alcool d'une densité de 0,847, qui s'est emparé d'une matière grasse, fluide, non acide ; on a enlevé les dernières portions d'huile non acide au résidu, au moyen de l'éther sulfurique.

7°. Le résidu, ainsi traité, a été décomposé par l'acide hydrochlorique. La matière grasse obtenue est entièrement fusible à 35° centig. ; elle se trouble à 34°. Ce n'est cependant qu'à 20° qu'elle est entièrement solidifiée. Je me suis assuré qu'elle était entièrement formée d'acide margarique ou stéarique et d'acide oléique : en effet elle se combine aux bases salifiables, et en particulier à la potasse, de manière à ne laisser aucun doute sur sa composition ; car de cette combinaison il ne résulte pas de glycerine : le savon formé par ces acides et la potasse dissous dans une quantité d'eau convenable, laisse déposer du bi-margarate ou bi-stéarate nacré ; et si l'on décompose ce savon par un acide, on trouve

que la matière grasse acide a la même fusibilité qu'avant d'avoir été unie à la potasse.

Le peu de temps que j'ai pu donner à mes recherches (1) ne m'a pas permis d'analyser le second produit avec autant de soin que le premier, ni de voir, 1°. si, en soumettant en particulier l'acide volatil *A* au traitement que M. Chevreul a prescrit pour la détermination des espèces organiques, on ne parviendra pas à le résoudre en plusieurs corps;

2°. S'il n'existe pas de glycerine dans le produit de la distillation des corps gras;

3°. Si la matière grasse non acide, huileuse, n'est pas formée de plusieurs corps particuliers, par exemple, de stéarine et d'oléine et d'une substance insaponifiable;

4°. Si les produits obtenus en distillant les corps gras à des températures élevées sont identiques, quant à la nature de leurs principes immédiats, et si conséquemment ils ne diffèrent que par la proportion de ces mêmes principes.

Je consignerai, dans un second Mémoire, les nouvelles recherches que je me propose d'entreprendre si l'Académie des Sciences trouve que ce sujet est assez intéressant pour qu'on en continue l'examen.

---

(1) On sera étonné de lire que depuis deux ans je dis avoir eu peu de temps à moi; mais on cessera de l'être en se rappelant que je suis élève en pharmacie, et que je n'ai pu consacrer à mon travail que mes jours de sortie.

RÉSUMÉ.

Je crois pouvoir conclure de mes recherches :

1°. Que la température influe d'une manière très-sensible sur la nature des produits de la distillation des corps gras. Lorsqu'on opère avec le contact de l'air, à une température insuffisante pour porter ce corps gras à l'ébullition, on obtient un produit liquide et un produit solide, même en opérant avec des huiles peu abondantes en stéarine. Le poids de ces produits, réuni à celui du charbon, est plus considérable que n'était le poids des matières employées;

2°. Que lorsqu'on distille dans les mêmes circonstances, mais à une température suffisante pour faire bouillir les corps gras, le produit condensé est constamment liquide lors même qu'on opère avec des corps très-abondans en stéarine, tels que le suif. Il m'a paru encore que, dans ce dernier cas, il se produit une moindre proportion d'acide sébacique que dans la distillation lente; le poids des produits liquide et solide, y compris le charbon, obtenus de la distillation rapide, est moins considérable que le poids de la matière qui a été distillée;

3°. Que les produits solide et liquide de ces distillations sont composés, 1°. d'acide margarique ou stéarique, et peut-être de ces deux acides dans plusieurs cas; 2°. d'acide oléique; 3°. d'acide sébacique; 4°. d'un acide volatil congénère, des acides butirique et phocénique; 5°. d'une matière odorante volatile non acide; 6°. d'une matière qui devient brune par le contact de l'oxigène; 7°. d'une matière grasse non acide.

La manifestation des acides margarique ou stéarique et oléique, dans les produits de la distillation des corps gras formés de stéarine et d'oléine, ajoute une analogie de plus aux rapports de propriétés que M. Chevreul a établis entre ces espèces de principes immédiats et la phocénine et la butirine. En effet, ce chimiste a vu que la phocénine et la butirine donnent des acides phocénique et butirique par la distillation, comme elles en donnent par la saponification. Les expériences que j'ai exposées dans ce Mémoire démontrent que les stéarines et l'oléine donnent par la distillation les acides margarique ou stéarique et oléique, comme elles en donnent par la saponification.

Rectification, *à froid, de l'Alcool.*

Par Mr E. Pajot-Descharme.

Jusqu'a présent l'alcool, c'est-à-dire, l'eau-de-vie, n'a pu être rectifié ou être élevé d'un degré inférieur à un degré supérieur, et par conséquent être portée à un plus haut degré de force et de pureté que par la distillation, opération qui ne peut avoir lieu qu'à l'aide d'un alambic quelconque et de la chaleur.

La rectification dont il s'agit ici peut être obtenue à froid, et dès-lors sans le secours d'alambic et de combustible. Voici en général la manière de procéder :

D'une part, on verse dans un vase à fond plat une quantité donnée de l'alcool que l'on veut rectifier, soit

petites eaux, soit *preuve de Hollande*, soit d'un degré supérieur;

D'autre part, on fait dessécher un des sels les plus déliquescens, soit *muriate de chaux*, soit *muriate de manganèse*; pour l'économie, on doit préférer le premier; la supériorité du second serait un titre pour son choix; mais il est moins à la portée et sous la main d'un chacun.

Dans un autre vase à large surface et posé sur un ou plusieurs pieds, dans le vase qui contient l'alcool, on met une quantité donnée de *muriate calcaire* sec et pilé.

Cette disposition faite, le vase qui contient l'alcool est fermé hermétiquement, ou ses bords collés avec des bandes de papier, et on l'abandonne ainsi à lui-même trois, quatre ou cinq jours. Après ce temps écoulé, on débouche le vase à alcool, on enlève celui à muriate. Ce sel est fondu plus ou moins, suivant la quantité d'eau qu'il a attirée. On reconnaît le degré de l'alcool, on le trouve augmenté de 5, 6, 8 degrés, selon le degré de finesse du grain du muriate sec; il ne doit pas l'être trop, afin de ne pas s'empâter, et de présenter plus de surface; on nettoie le *vase à muriate*, on y étend une nouvelle dose de muriate sec, on le remet en place, et on ferme, de même qu'avant la mise de cette seconde dose de sel déliquescent, le vase à alcool.

C'est en opérant successivement de la même manière qu'on obtient de l'alcool très-rectifié, et qu'on amène des petites eaux de 10 ou 15 degrés (*Baumé*) à 40 ou à 42 deg.

On conçoit que cette application peut avoir lieu d'une manière analogue aux concentrations diverses des fluides *salins*, *acides*, *etc.*, et que, par une disposition particulière d'ateliers, de bassin, etc., il serait facile d'établir une rotation qui, dans un temps donné, offrirait à volonté et journellement des produits à tous les degrés d'évaporation ou de concentration, etc., c'est-à-dire, pour tous les besoins.

Je m'occupe, dans ce moment, des moyens de donner à ce procédé, par le secours de la mécanique et de la physique, toute la régularité, la précision et la perfection desirables pour un travail en grand.

NOTE *sur la* Cera de Palma, *que l'on a recueillie dans les Andes de Quindiu.*

PAR Mr J.-Bte BOUSSINGAULT.

LE palmier que MM. de Humboldt et Bonpland ont fait connaître sous le nom de *Ceroxylon Andicola*, fournit avec une certaine abondance une matière combustible (1) appelée dans le pays *Cera de Palma*. Pour

---

(1) Cette matière a déjà été soumise à quelques expériences par M. Vauquelin. Ce célèbre chimiste a cru y reconnaître de la véritable cire ; mais la quantité de la matière végétale sur laquelle il travaillait était très-petite, et

l'obtenir, on gratte le tronc du palmier et l'on fait bouillir les râpures dans l'eau. La *Cera de Palma* se rassemble à la surface du liquide; on l'enlève, puis on la laisse sécher. Telle qu'on se la procure des Indiens qui la préparent, elle est sous forme de petits gâteaux d'un blanc jaunâtre; elle est poreuse, très-friable, se ramollit par la chaleur de la main; elle ressemble, par son aspect, à certains tufs calcaires; elle n'a point de saveur et a fort peu d'odeur.

La *Cera de Palma*, réduite en poudre fine et mise en digestion avec de l'alcool, l'a coloré en jaune pâle. En opérant à la température ordinaire, il s'en est dissous une très-faible portion : la partie non dissoute était parfaitement blanche.

La teinture alcoolique, évaporée, a laissé un résidu jaunâtre, légèrement amer, et présentant l'aspect d'une résine.

La *Cera de Palma*, privée de sa matière colorante, a été traitée par l'alcool chaud, dans lequel elle s'est dissoute très-facilement. Cinq ou six parties d'alcool bouillant, marquant 94° à l'alcoomètre de M. Gay-Lussac, peuvent en dissoudre une de *cera*. Par la refroidissement, la dissolution se prend en masse et

---

M. Vauquelin, auquel j'ai soumis cette Note de M. Boussingault, pense qu'elle ne laisse pas de doute sur la différence entre la *Cera de Palma* et la cire d'abeilles. Peut-être que la matière que nous avions, M. Bonpland et moi, rapportée à Paris, avait-elle été mêlée d'un peu de véritable cire par les habitans de Quindiu. HUMBOLDT.

ressemble alors à de l'huile d'olive figée. Supposant que cette masse pouvait être un mélange de cire et de résine, on l'a délayée dans un grand excès d'alcool et on a filtré. L'alcool devenait laiteux par l'addition de l'eau ; évaporé, il a laissé déposer une substance blanche, jouissant des mêmes propriétés que celle qui était restée sur le filtre, et que l'on peut considérer comme la partie essentielle de la *Cera de Palma*. Séchée, elle est blanche, grenue, rude au toucher, sans saveur ni odeur. L'alcool la dissout à chaud en grande proportion ; à froid, elle y est à peine soluble.

Elle se dissout dans l'éther sulfurique ; par sa vaporisation, l'éther la dépose à l'état d'une poudre cristalline.

Elle est soluble à chaud dans la potasse caustique ; la dissolution est comme savonneuse.

L'acide nitrique à la température ordinaire a peu d'action sur elle ; aidé de la chaleur, il la transforme en une matière jaune et en acide oxalique.

Elle se fond à une température supérieure à celle de l'eau bouillante (barom. $0^{m.},560$), en prenant une couleur brune ; à une plus forte chaleur, elle s'enflamme et brûle avec fumée.

L'acide sulfurique la fait passer au jaune et la dissout ; l'eau la précipite de cette dissolution sous forme de poudre blanche. Il semble, d'après ces essais, que la substance que j'ai analysée est une espèce de résine, et que c'est improprement qu'on l'appelle *cire de palmier*. Du moins la *Cera de Palma*, telle qu'elle provient du *Ceroxylon andicola*, ne paraît pas contenir de

cire ; mais, pour la rendre propre à fabriquer des bougies, on y ajoute, soit des graisses animales, soit de la cire végétale.

Au laboratoire de l'Ecole des Mines, à Bogotà (république de Colombia); août 1825.

NOTE *sur l'Irritabilité du stigmate des* Mimulus.

PAR Mr HENRI BRACONNOT,

M. DESFONTAINES remarque, dans son beau Mémoire sur l'Irritabilité des organes sexuels des plantes, que les mouvemens des pistils sont moins universels et moins apparens en général que ceux des étamines, comme si, ajoute notre savant botaniste, la loi qui porte presque tous les mâles des animaux à rechercher les femelles, s'étendaient aussi jusqu'aux sexes des plantes.

Il ne paraît pas, en effet, que jusqu'à présent on ait fait naître à volonté aucun mouvement contractif dans les styles et les stigmates. Dernièrement, en faisant la leçon de botanique au Jardin des Plantes, nous avons remarqué avec surprise des mouvemens extrêmement marqués dans les stigmates du *Mimulus glutinosus,* Willd., *M. aurantiacus*, Curt, *Mag.* Ce stigmate est formé de deux lames orbiculaires, blanches, très-écartées l'une de l'autre. Si on touche légèrement avec une pointe la lèvre supérieure de ce stigmate, elle se réfléchit sensiblement vers le bas. Si on détermine la même irritation sur la lèvre inférieure, elle s'ébranle instantanément, décrit plus d'un quart de cercle, et vient s'appliquer

très-exactement sur la lèvre supérieure, à-peu-près comme les deux lobes de la feuille du *Dionœa muscipula.* Comme on remarque ordinairement dans la fleur des *Mimulus* beaucoup de petits insectes, il doit arriver que souvent ils sont saisis lorsqu'ils viennent irriter son organe extérieur femelle. Je me suis assuré que cette irritabilité était indépendante du reste du pistil ; car, ayant séparé le stigmate du *Mimulus* avec un rasoir un peu au-dessous de son insertion avec le style, ces lames, qui étaient bien ouvertes, ne se sont point contractées sur elles-mêmes après cette section ; mais les ayant stimulées avec une pointe, la contraction a eu lieu instantanément : ayant placé ensuite sur un linge humecté ce stigmate pour prévenir son dessèchement, ses deux lames se sont ouvertes et ont repris leur première position : les ayant irritées de nouveau, elles se sont encore repliées l'une contre l'autre. Une trace d'acide sulfurique posée très-légèrement sur le stigmate du mimule glutineux détermine sur-le-champ la contraction de ses lobes. J'ai constaté le même phénomène d'irritabilité dans les stigmates du *Mimulus guttatus*, Decand. ; et sans doute on l'observera aussi dans les autres espèces du même genre. Comme la saison n'est pas encore bien avancée, et que les deux espèces de mimules dont je viens de parler sont cultivées dans la plupart des jardins comme fleur d'ornement, il sera facile de vérifier le fait, qu'on ne sera pas tenté, je pense, de vouloir expliquer par les lois de la mécanique.

ERRATUM pour la Lettre de M. *Gaëtano Giorgini*, page 225.

Ligne 18, lisez, *un alloggio salubre* après *Montigosini.*

Note *sur le Schiste bitumineux et le Lignite d'Ardes.*

Par M. Payen.

On a trouvé dernièrement à Ardes, départemement du Puy-de-Dôme, un schiste semblable en apparence à celui de Menat (même département) : des échantillons de ce schiste, et du lignite qu'il renferme, m'ayant été adressés, j'ai fait quelques recherches pour apprécier le degré d'utilité qu'il pourrait offrir dans son application aux arts. Voici les résultats que j'ai obtenus.

Ce schiste bitumineux, carbonisé et réduit en poudre, devient d'un noir très-intense; ce charbon contient du proto-sulfure de fer, et décolore moins que le meilleur schiste de Menat, dans la proportion de 7 à 8. Si on le prive de tout le sulfure qu'il contient par l'acide hydrochlorique et une calcination nouvelle, il agit plus sur la solution de caramel que le schiste carbonisé de Menat, dans la proportion de 10 à 9.

Lorsque le schiste d'Ardes contient des débris de lignite, il donne un charbon mêlé de parties brillantes dont le pouvoir décolorant est variable et toujours moindre que le charbon exempt de lignite.

Les fragmens de lignite extraits du schiste d'Ardes, durs, ligneux, aplatis par l'action des masses pesantes qu'ils ont supportées, ainsi que l'a reconnu M. Brongniard, donnent à la calcination une substance charbonneuse, brillante, vitreuse, qui contient des proportions assez fortes et variables de proto-sulfure de fer : réduite en poudre, elle agit sur la matière colorante du caramel en sens inverse des charbons, c'est-à-dire qu'elle augmente l'intensité de la couleur.

Privée de sulfure de fer par l'acide hydrochlorique et calcinée, elle décolore un peu; mais son action est presqu'inappréciable : elle est bien moins forte que celle du charbon de bois ordinaire, et à plus forte raison moindre que celle du charbon des os et des schistes d'Ardes et de Menat.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	753,00	+21,2	66	753,65	+21,8	51	754,56	+21,5	53	755,62	+16,5	70	+21,8	+10,5	Nuageux.	O.
2	759,92	+18,4	71	760,54	+19,9	55	760,52	+20,3	49	761,18	+16,3	57	+20,3	+10,8	Nuageux.	N.
3	761,70	+18,3	56	760,86	+21,5	50	759,72	+22,5	42	758,82	+19,3	58	+22,5	+ 9,5	Petits nuages blancs.	E. N. E.
4	760,70	+20,8	68	760,90	+23,8	54	761,05	+32,0	59	762,23	+19,5	79	+23,8	+14,8	Très-nuageux.	O.
5	763,83	+22,5	65	762,84	+25,6	54	761,70	+24,0	56	761,10	+17,8	70	+25,6	+12,5	Très-nuageux.	N. O.
6	759,94	+18,1	71	758,60	+20,6	67	757,58	+17,5	85	756,62	+12,7	93	+20,6	+11,2	Quelques éclaircies.	N. O.
7	755,76	+15,2	78	755,48	+17,4	67	754,96	+19,8	57	754,42	+15,0	80	+19,8	+ 9,5	Couvert.	N. E.
8	755,55	+19,1	74	755,30	+21,1	59	754,73	+21,3	55	755,53	+16,6	95	+21,3	+10,3	Couvert.	N. O.
9	757,50	+17,1	90	756,92	+21,8	54	755,94	+22,8	64	755,91	+17,6	90	+22,8	+14,5	Nuageux.	N. O.
10	757,32	+17,5	83	756,40	+21,2	61	755,58	+23,9	55	755,43	+19,3	75	+23,9	+12,9	Nuages à l'horizon.	N.
11	756,09	+21,6	74	755,58	+25,3	52	755,25	+26,2	49	755,10	+21,0	55	+26,3	+13,0	Nuageux.	N. E.
12	756,26	+21,5	66	756,30	+27,3	51	755,80	+27,0	44	756,44	+22,8	56	+27,8	+15,5	Nuageux.	O.
13	759,73	+23,7	56	759,73	+27,0	48	759,24	+27,1	46	760,23	+21,7	75	+27,1	+17,5	Nuages clairs.	O.
14	760,77	+25,2	66	760,14	+28,2	51	759,00	+28,9	45	758,43	+25,2	50	+29,3	+15,3	Beau.	N.
15	758,24	+30,8	47	757,45	+30,6	39	756,45	+30,8	40	756,54	+25,5	50	+31,3	+17,0	Beau.	E. N. E.
16	759,07	+28,5	58	759,00	+31,5	56	758,85	+32,0	50	759,48	+27,5	50	+32,0	+17,8	Petits nuages blancs.	N.
17	760,98	+28,8	64	760,24	+32,2	44	759,37	+32,3	40	758,70	+26,1	58	+33,3	+21,0	Nuageux.	E. N. E.
18	759,46	+32,5	52	758,94	+35,2	41	758,10	+34,4	39	757,98	+29,0	50	+35,4	+21,5	Nuages blancs.	E.
19	759,35	+32,4	55	758,67	+35,3	47	758,02	+35,3	40	758,16	+28,2	53	+36,3	+21,0	Beau.	N.
20	759,32	+30,0	65	758,92	+33,5	51	758,16	+33,6	47	758,28	+27,2	60	+33,8	+23,5	Nuages clairs.	N. E.
21	759,45	+25,0	67	759,10	+27,2	60	758,20	+27,2	62	758,57	+19,6	72	+27,3	+18,5	Nuageux.	N. E.
22	759,40	+19,2	69	758,55	+21,5	59	757,13	+22,5	55	755,83	+20,0	60	+22,5	+12,9	Nuages clairs.	N E.
23	754,63	+21,2	58	754,00	+23,2	55	753,10	+24,7	53	753,47	+18,3	64	+24,8	+12,5	Nuageux.	N.
24	754,94	+18,4	73	755,14	+21,0	55	755,70	+21,2	49	757,60	+16,0	75	+21,3	+12,0	Nuageux.	N.
25	761,80	+18,9	66	761,63	+20,6	53	761,23	+21,0	46	762,20	+16,2	58	+21,0	+12,3	Nuageux.	N. N. O.
26	763,14	+19,1	65	762,32	+20,0	65	761,30	+21,5	57	761,17	+17,6	60	+21,5	+11,0	Très-nuageux.	N. N. O.
27	760,90	+19,0	70	760,07	+22,8	51	759,25	+23,5	47	759,50	+19,5	60	+23,5	+11,3	Nuageux.	N. E.
28	758,68	+20,8	66	757,97	+24,4	54	757,20	+25,5	48	756,94	+22,0	60	+25,8	+13,8	Beau.	N.
29	758,55	+19,5	76	757,98	+23,5	50	756,86	+25,2	47	756,80	+21,8	50	+25,8	+12,8	Beau.	N.
30	757,51	+22,4	63	756,78	+26,5	39	755,58	+27,7	31	754,84	+23,6	38	+28,0	+14,0	Très-beau.	N. E.
31	754,80	+25,0	53	754,12	+31,2	48	753,97	+31,5	43	754,32	+24,0	60	+31,9	+17,5	Nuageux.	S.
1	758,52	+18,8	72	758,16	+21,5	59	757,63	+21,6	57	757,70	+17,1	77	+22,2	+11,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,93	+27,8	60	758,50	+30,6	48	757,82	+30,8	44	757,93	+25,4	56	+31,3	+18,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 0,175
3	758,53	+20,8	66	757,97	+23,8	54	757,23	+24,7	49	757,38	+19,9	59	+24,8	+13,5	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 0,145
	758,66	+22,4	66	758,20	+25,2	53	757,55	+25,6	50	757,66	+20,7	64	+26,1	+14,5	Moyennes du mois,	+20°,3.

SUITE

Des Recherches de M. Berzelius *sur l'Acide fluorique, et ses combinaisons les plus remarquables.*

E. *Zirconium obtenu par la réduction du fluate double de zircone et de potasse. Quelques propriétés de la zircone.*

Ayant trouvé que la silice se réduisait avec tant de facilité de sa combinaison avec l'acide fluorique, j'essayai aussi la réduction des autres terres des sels doubles qu'elles forment avec l'acide fluorique et la potasse; mais je n'ai pu parvenir à réduire que la zircone. Les signes d'une réduction que j'obtins en traitant l'yttria et la glucine avaient été occasionés par la réduction de quelque matière étrangère. Je dois cependant ajouter qu'il est bien probable qu'une réduction de la terre ait eu lieu; mais que la terre soit réoxidée aux dépens de l'eau que j'employai pour dissoudre le fluate de potasse qui s'était formé. Il arriva, dans ces expériences, lorsque, après la réduction, je maintenais la masse en ignition, qu'aucune portion de potassium ne se volatilisait; mais, en portant ensuite la chaleur jusqu'au rouge blanc, le potassium s'en dégageait, étant chassé de sa combinaison avec l'oxigène et l'acide fluorique par le radical de la terre. J'ai fait ces opérations dans des tubes de fer de $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre intérieur et de 1 pouce $\frac{1}{4}$ de longueur, dont l'une des extrémités était fermée et l'autre munie d'un couvercle. Dans ces tubes, je mêlai le sel avec le potassium en fusion; après quoi je mis le couvercle, je

renfermai le tube dans un creuset de platine, et je fis chauffer l'appareil ainsi disposé sur une lampe à esprit-de-vin à double courant. Après le refroidissement, je retirai le tube du creuset, j'ôtai le couvercle et je mis le tube dans de l'eau distillée. En faisant cette expérience sur le fluate double de zircone et de potasse, il tomba du tube une poudre noire à fur et mesure que le sel se dissolvait, et en même temps il se dégagea une quantité peu considérable de gaz hydrogène. Lorsque le fluate double était préalablement bien séché, la réduction avait lieu sans ignition et sans effervescence ni bruit sensible. L'expérience peut également se faire dans un tube de verre : on voit alors qu'aucune ignition n'a lieu; mais il se mêle avec la masse une portion de silicium produit par le contact du verre avec le potassium. Le zirconium obtenu de cette manière se dépose assez facilement. Il supporte le lavage de l'eau sans s'oxider. Lavé et séché, il forme une poussière noire ressemblant à du charbon, laquelle ne se laisse ni comprimer ni se polir comme un métal. Lorsqu'on le chauffe, il s'enflamme bien avant qu'il l'ait été jusqu'au rouge, et brûle avec beaucoup de vivacité en produisant une sorte d'explosion. Il résulta de cette combustion une substance parfaitement blanche, pas du tout alcaline. J'avais espéré de parvenir à connaître la composition de la zircone, en brûlant une portion de zirconium dont le poids était connu. Je commençai par chauffer le zirconium jusqu'au rouge dans un courant de gaz hydrogène qui avait passé par du chlorure de calcium, afin d'obtenir le zirconium parfaitement sec; mais à peine eus-je placé la lampe sous l'appareil qui renfermait le zirconium, qu'une por-

tion de celui-ci entra en ignition et se transforma en zircone dans le gaz hydrogène environnant. Ce phénomène inattendu me parut inexplicable, vu que le gaz hydrogène ne contenait point d'air atmosphérique. Avant cette opération, le zirconium était insoluble à froid dans de l'acide hydrochlorique; après l'opération, la portion de zirconium non brûlée s'y dissolvait avec dégagement de gaz hydrogène.

En chauffant le zirconium dans un appareil vide d'air, il éprouva le même changement que dans l'expérience dont j'ai parlé, mais sans entrer en ignition et en dégageant un gaz que je trouvai être du gaz hydrogène. Maintenant l'explication du phénomène paradoxe fut facile. La portion de potassium qui s'oxide avec dégagement d'hydrogène, lorsqu'on verse de l'eau sur la masse dans laquelle la réduction s'est opérée, précipite de l'hydrate de zircone de la portion de fluate double de zircone et de potasse qui y est en excès : cet hydrate recouvre la portion de la masse qui a subi la réduction, et s'y mêle intimement. Il est connu que l'hydrate de zircone entre en ignition à une température très-basse; en même temps le zirconium s'oxide aux dépens de l'eau mise en liberté. Ainsi, pour obtenir le zirconium pur, il me resta à décomposer l'hydrate de zircone. Pour cela, je lavai soigneusement le zirconium à l'eau, et ensuite, sans le sécher préalablement, je le fis digérer, à une température de 40° à 50°, avec de l'acide hydrochlorique concentré, étendu d'une quantité égale d'eau. Il se dégagea pendant la digestion une quantité peu considérable de gaz hydrogène, mais le dégagement était continuel. Après trois heures, je filtrai la liqueur, et je

lavai le zirconium sur le filtre ; mais dès que la liqueur acide eut passé, l'eau de lavage commença à se colorer; elle devint d'un brun foncé et translucide, mais elle réfléchit une couleur d'un gris foncé et parut alors opaque. De l'eau bouillante se troubla de la même manière que l'eau froide; mais maintenant la liqueur colorée qui résultait du lavage précipita après quelque temps de repos, surtout lorsqu'on chauffait la liqueur en même temps. Si l'on y ajoutait du sel ammoniac, la précipitation avait lieu tout d'un coup. Je lavai le zirconium d'abord avec une dissolution de sel ammoniac, et ensuite avec de l'alcool. Le zirconium séché présenta les propriétés suivantes : il était sous la forme de petites masses d'une poudre cohérente et noire comme du charbon. Il se laissait comprimer par le brunissoir, et prenait un éclat d'un gris foncé, mais qu'on peut bien appeler *métallique*. On pouvait le comprimer en feuilles minces et luisantes, qui cependant avaient peu de cohérence, et qui, interposées dans une paire hydro-électrique, interceptaient absolument le courant électrique. J'attachai, au moyen d'un brunissoir, une de ces feuilles à une plaque de zinc nouvellement nettoyée, qui faisait partie d'une paire hydro-électrique combinée au multiplicateur électro-magnétique ; mais en voulant faire passer le courant électrique par la feuille de zirconium, l'aiguille aimantée resta immobile ; ce qui prouve que le zirconium, au moins dans cet état, n'est pas conducteur de l'électricité. Après avoir décomposé l'hydrate de zircone, on peut chauffer le zirconium jusqu'au rouge dans du gaz hydrogène ou dans le vide, sans qu'il s'altère. Dans l'air atmosphérique, il s'enflamme bien avant qu'il soit

chauffé au rouge, et brûle tranquillement, mais en dégageant une lumière vive, et se transforme en zircone parfaitement blanche. Si le zirconium contient du charbon, celui-ci y est tellement fixé qu'on a de la peine à en débarrasser la zircone par la calcination. Mêlé exactement avec du chlorate de potasse, le zirconium s'enflamme par un coup de marteau fortement appliqué; mais il brûle sans détonation. Au contraire, en chauffant le zirconium avec du chlorate ou du nitrate de potasse, ces sels ne se décomposent qu'à la chaleur rouge; le sel fond, il y a dégagement d'un gaz; mais le zirconium paraît peu altéré. Avec du carbonate de potasse, le zirconium entre en une ignition faible, mais s'oxide parfaitement aux dépens de l'acide carbonique. Avec du borax contenant de l'eau, le zirconium s'oxide avec effervescence aux dépens de l'eau. Lorsqu'on fait chauffer le zirconium jusqu'au rouge dans le vide, et qu'après le refroidissement on laisse entrer l'air dans l'appareil, le zirconium se réchauffe; et si on le retire de l'appareil, il entre en ignition et s'oxide. Mais si, après avoir laissé entrer l'air dans l'appareil, on laisse le zirconium y rester quelque temps, il ne s'enflamme pas lorsqu'on l'en retire. Ce phénomène paraît être de la même nature que la propriété du charbon de condenser les gaz, et pourrait bien tenir plus à la forme pulvérulente qu'à la nature du zirconium.

Par la voie humide, le zirconium s'oxide très-difficilement quand on le met en contact avec de l'acide hydrochlorique concentré, par lequel il est très-lentement attaqué, même lorsqu'on les fait bouillir ensemble; il se dégage alors du gaz hydrogène. Même l'acide sulfurique

concentré et l'eau régale n'attaquent le zirconium que très-lentement, quoiqu'on les fasse bouillir. L'acide fluorique dissout le zirconium sans l'aide de la chaleur, en dégageant du gaz hydrogène. Le zirconium n'est pas attaqué par la potasse caustique en dissolution.

Sulfure de zirconium. On l'obtient en chauffant le zirconium dans la vapeur du soufre. La combinaison se fait aisément, et le phénomène du feu qui se présente en même temps n'est pas vif. Si l'on chauffe le zirconium avec du soufre en poudre dans le vide, la combinaison se fait sans aucun phénomène d'ignition. Le sulfure de zirconium est d'un brun clair ou d'une couleur de cannelle foncée. Il ne prend pas l'éclat métallique par le brunissoir; il ne se comprime pas non plus : il n'est pas conducteur de l'électricité, et n'éprouve aucun changement par l'eau, l'acide hydrochlorique, l'acide nitrique. L'eau régale bouillante le dissout très-lentement. Par l'acide fluorique il se dissout en dégageant du gaz hydro-sulfurique. Il ne se dissout pas dans une solution de potasse caustique; mais si on le fait fondre avec la potasse sèche, on obtient de la zircone et du sulfure de potassium.

Si l'on réduit le zirconium par du potassium contenant du carbone, on obtient du *carbure de zirconium*, qui offre le même aspect que le zirconium pur. Lorsqu'on le dissout dans l'acide fluorique, le charbon se dépose. En le faisant bouillir dans de l'acide hydrochlorique, il se dégage un gaz de la même odeur que de celui qui se dégage lorsqu'on dissout le fer dans cet acide. Quand on calcine le carbure de zirconium, le carbone renfermé échappe en partie à l'oxidation, de

sorte qu'il est très-difficile d'obtenir de cette manière une zircone blanche.

Chlorure de zirconium. On l'obtient en chauffant doucement le zirconium dans du chlore gazeux ; le zirconium s'enflamme et brûle. On obtient une masse saline qui ne se volatilise pas. En le faisant dissoudre dans l'eau, la dissolution ne se faisait pas complètement et la liqueur offrait un aspect laiteux. Mais probablement le chlore dont on s'était servi contenait de l'air qui a donné lieu à la formation d'une portion de zircone, puisque le chlorure de zirconium préparé par la voie humide est soluble dans l'eau.

Zircone et sa composition. Pour déterminer la quantité d'oxigène qui entre dans la zircone, j'ai préféré de faire l'analyse des combinaisons dont elle fait partie, parce qu'il est difficile d'obtenir le zirconium bien pur.

J'ai choisi l'hydrochlorate de zircone ; je l'ai mêlé d'abord avec un excès d'acide, et ensuite je l'ai fait évaporer jusqu'à siccité à une température de $+60°$. Le sel obtenu se dissolvait sans résidu dans l'eau. L'ammoniaque caustique en précipita 0,322 grammes de zircone qui ne retenait point d'acide hydrochlorique. De la liqueur qui restait, j'obtins 0,661 gr. de chlorure d'argent. Une seconde expérience me donna 0,485 gr. de zircone et 1,096 gr. de chlorure d'argent. Ces expériences, quoique faites avec le même soin, ne s'accordent pas bien entr'elles : l'une donne une quantité de zircone de 11,44, et l'autre de 12,61. Je découvris, dans la suite, que cette discordance tient à la difficulté d'obtenir une combinaison bien fixe de la zircone avec l'acide hydrochlorique, parce que la zir-

cone donne encore, avec une moindre quantité de cet acide, une combinaison qui n'est pas tout-à-fait insoluble dans l'eau.

J'espérais donc que l'analyse de l'hydrate de la zircone donnerait des résultats moins variables que les précédens. Ayant bien séché une portion d'hydrate de zircone, je l'exposai pendant quarante-huit heures à une température de + 50° à 60°; après quoi, je la pesai et je la chauffai jusqu'au rouge. En repésant, je trouvai qu'il était très-difficile d'obtenir un résultat bien exact, la zircone étant très-hygrométrique. 100 parties de zircone se trouvèrent combinées avec une quantité d'eau variant depuis 14,72 jusqu'à 15,4 p. Ces quantités répondent à 13,09 et 13,69 p. d'oxigène. Ces nombres, comparés aux précédens, semblent indiquer une quantité d'oxigène d'à-peu-près 13 p.; mais ces déviations sont trop considérables pour en tirer un résultat moyen.

J'examinai ensuite le sulfate de zircone. Je mêlai ce sel avec un excès d'acide sulfurique; je l'évaporai à siccité, et ensuite je le chauffai sur une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce que l'excès de l'acide fût chassé; après quoi je laissai continuer le feu pendant un quart d'heure, avec cette précaution que la température ne s'élevât pas au rouge. De cette manière, j'obtins le sulfate de zircone neutre. Ce sel semble être insoluble à froid dans l'eau; mais il s'y dissout à la fin complètement, et ressemble à cet égard à l'alun calciné. Dans de l'eau chaude il se dissout très-rapidement. Je pesai une quantité de ce sel sans le retirer du creuset; après

quoi j'en fis l'analyse de deux manières différentes : *a*) je fis dissoudre une certaine quantité du sel dans l'eau ; je précipitai la solution avec de l'ammoniaque caustique en excès, je lavai sur un filtre la zircone précipitée, après quoi je la chauffai jusqu'au rouge, et ensuite je la pesai. J'ajoutai de l'acide hydrochlorique à la liqueur filtrée, jusqu'à ce que cette dernière contînt un excès d'acide : alors je la précipitai avec une solution d'hydrochlorate de baryte, je lavai le sulfate de baryte précipité, et je le pesai après l'avoir préalablement chauffé au rouge. *b*) Je fis chauffer une certaine quantité de sulfate de zircone jusqu'au rouge blanc, et je fis continuer la calcination jusqu'à ce que le sel n'éprouvât plus aucune perte en poids. Vers la fin de la calcination, j'introduisis dans le creuset une cuiller de platine portant une portion de carbonate d'ammoniaque. Je pesai la zircone qui resta après la calcination, en regardant la perte pour de l'acide sulfurique. Ces deux méthodes donnèrent des résultats qui s'accordaient parfaitement. Dans six expériences, une faite par la voie humide et cinq faites par la voie sèche, j'ai obtenu 75,84, 75,92, 75,80, 75,74, 75,97 et 75,85 p. de zircone sur 100 p. d'acide sulfurique. Le nombre moyen est 75,853 ; et si ces 75,853 p. de zircone contiennent une quantité d'oxigène = 19,96, la zircone doit contenir 26,314 p. c. d'oxigène. Ce dernier nombre est le double de celui qu'ont donné les analyses de l'hydrate et de l'hydrochlorate de zircone ; mais nous verrons plus bas, en exposant l'analyse du fluate double de zircone et de potasse, que ce nombre est le vrai. Par conséquent, la zircone contient :

Zirconium,	73,686	ou	100,000;
Oxigène,	26,314		35,697.
	100,00.		

Il reste à déterminer le nombre d'atomes de l'oxigène de la zircone. En analysant le fluate double de zircone et de potasse, j'obtins d'abord quelques résultats variables qui annonçaient qu'il y a deux fluates doubles de zircone et de potasse, dont l'un s'obtient en instillant une solution de fluate de zircone dans une solution de fluate de potasse, avec la précaution cependant de ne pas pousser la précipitation jusqu'à la fin. On obtient l'autre lorsque, dans un ordre inverse, on instille une solution de fluate de potasse dans une solution de fluate de zircone sans achever la précipitation. L'un et l'autre de ces sels sont jusqu'à un certain degré solubles dans l'eau, en sorte que le précipité qui se forme d'abord se dissout jusqu'à ce que la liqueur en soit saturée. Dans de l'eau bouillante ils se dissolvent en plus grande quantité que dans de l'eau froide, et ils cristallisent pendant le refroidissement, ou mieux encore en faisant évaporer la dissolution. Les cristaux sont petits, grenus et irréguliers ; ils ne contiennent point d'eau en combinaison chimique. On peut les calciner à la chaleur rouge sans qu'ils se décomposent, à moins que l'acide fluorique ne trouve une occasion de se combiner avec de l'eau ou de la silice.

J'ai fait l'analyse de ces sels de deux manières différentes : *a*) je décomposai le sel par de l'acide sulfurique ; après avoir chassé l'acide fluorique, je fis dissoudre la masse dans de l'eau ; je précipitai cette solution par de l'ammoniaque mise en excès, et ensuite je re-

cueillis le précipité et le pesai. Je fis évaporer la liqueur ammoniacale jusqu'à siccité, et je chauffai avec les précautions ordinaires la masse saline jusqu'à ce qu'il ne restât que du sulfate de potasse sans excès de potasse. *b*) Je décomposai le sel par de l'acide sulfurique; après avoir chassé l'acide fluorique, je fis évaporer aussi l'excès de l'acide sulfurique, après quoi j'exposai le sel à une haute température jusqu'à ce qu'il ne restât qu'un mélange de sulfate de potasse et de zircone. Je séparai la zircone du sulfate, et je pris le poids de l'une et de l'autre après les avoir chauffées préalablement jusqu'au rouge. L'une et l'autre de ces analyses donnèrent les mêmes résultats; mais la dernière était plus facile à faire avec précision.

A. 100 parties du sel précipité, en versant la solution du fluate de zircone dans la solution du fluate de potasse, donnèrent 75,4 p. de sulfate de potasse = 40,76 p. de potasse et 36,8 p. de zircone.

B. 100 parties de l'autre sel obtenu en instillant la solution de fluate de zircone dans la solution de fluate de potasse donnèrent 59,4 p. de sulfate de potasse et 43,4 p. de zircone. 100 parties de ce même sel, mêlées et chauffées avec 600 p. d'oxide de plomb, rendirent 1,2 p. d'eau.

D'après ce que nous avons vu, ces deux sels contiennent :

	A.	contenant d'oxigène	*B.*	contenant d'oxigène
Potasse	40,76	6,91	32,50	5,51
Zircone	36,80	9,68	43,82	11,53
Acide fluorique et un peu d'eau de décrépitation	22,44	16,73	23,68	17,69.

Quoique ces deux analyses présentent des petites discordances dont il est assez difficile d'affranchir les analyses des fluates doubles, cependant elles sont assez exactes pour prouver que dans le premier sel la zircone contient $1\frac{1}{2}$ fois, et dans le second sel deux fois autant d'oxigène que la potasse. En outre, dans les deux sels, la quantité d'acide fluorique est telle qu'en considérant cet acide comme contenant de l'oxigène, la quantité de cet oxigène est égale à la quantité d'oxigène contenue dans les bases; ce qui prouve que la quantité d'oxigène qui a été déterminée par l'analyse du sulfate de zircone est juste.

Le multiple $1\frac{1}{2}$ que nous avons vu un peu plus haut est quelque chose d'extraordinaire. Pour m'assurer de n'avoir pas fait quelque erreur, je me proposai d'examiner quel est, dans les mêmes circonstances, l'état des oxides qui contiennent 3 atomes d'oxigène; car il est évident que ce nombre est indiqué par le multiple $1\frac{1}{2}$.

Fluate double d'oxide de fer et de potasse. Je préparai une dissolution d'oxide de fer dans de l'acide fluorique; je mêlai cette dissolution avec une dissolution de fluate de potasse, avec la précaution de ne pas précipiter toute la quantité d'oxide de fer. Je fis bouillir le précipité dans la liqueur pour faire une combinaison complète, et je l'obtins après le refroidissement dans un état cristallin. Je décomposai ce sel par de l'acide sulfurique; je fis évaporer l'acide fluorique, et après avoir dissous la masse saline acide dans de l'eau, je la précipitai par de l'ammoniaque. L'oxide de fer ainsi obtenu pesait 34,7 pour cent. La liqueur restante et les eaux de lavage donnèrent 75,44 p. c. de sulfate de potasse

= 40,8 de potasse. La quantité de l'oxigène de l'oxide de fer est encore ici 1 ½ fois la quantité d'oxigène de la potasse, et le sel contient :

	Résultat trouvé.	Résultat calculé.
Potasse.	40,8	41,73 ;
Oxide de fer....	34,7	34,61 ;
Acide fluorique..	24,5	23,66.

Fluate double d'alumine et de potasse. En préparant ce sel, j'ai pris la précaution de ne pas continuer la précipitation jusqu'à ce que la quantité entière du fluate d'alumine fût précipitée. J'en fis l'analyse d'une manière analogue à celle du fluate précédent. Le sel contient :

	Résultat trouvé.	Résultat calculé.
Potasse.........	48,73	47,36 ;
Alumine........	26,85	25,80 ;
Acide fluorique. .	24,42	26,84.

Ces expériences prouvent donc que le multiple 1 ½ a lieu effectivement dans ces bases qui contiennent 3 atomes d'oxigène, et je crois pouvoir en conclure que la zircone contient de même 3 atomes d'oxigène, et que c'est dans cette dernière circonstance qu'il faut chercher la raison de ce que dans le fluate double la quantité d'oxigèue de la zircone est à la quantité d'oxigène de la potasse comme 3 : 2, c'est-à-dire que le fluate contient un atome de chacune de ces bases. Par conséquent, le poids d'un atome de zirconium est = 840,08, et celui d'un atome de zircone = 1140,08, et on peut représenter la zircone par le signe $\dddot{Z}r$.

Quoique des expériences qui déjà ont été faites sur la

composition des zircons et des hyacinthes, on puisse calculer avec assez de certitude que les quantités d'oxigène de la zircone et de la silice y sont égales, j'ai cependant cru que cette matière méritait encore un nouvel examen, eu égard à un haut degré d'exactitude.

Je choisis pour ces expériences les hyacinthes d'Expailly. Avant de les employer, je les calcinai, après quoi je fis un choix de celles qui étaient incolores et sans taches. Je pulvérisai celles-ci dans un mortier de calcédoine, et je séparai par des lavages la poussière la plus ténue. J'essayai d'abord de décomposer cette poussière en la faisant digérer avec de l'acide fluorique; mais, dans un espace de huit jours, l'acide n'en avait pas dissous la moindre chose, et la liqueur acide ne laissa aucun résidu après l'évaporation complète. Cette circonstance me fournit un moyen de séparer la silice qui s'était détachée du mortier pendant la trituration, et qui se dissolvait aisément dans l'acide. L'acide dont je fis usage ne fumait pas, mais il était d'une odeur très-acide. Je fais mention de ceci parce qu'il serait bien possible que l'acide concentré eût la propriété d'attaquer la poudre de zircon. L'acide sulfurique bouillant décompose la poudre de zircon; mais cette décomposition est trop lente et même incomplète. La difficulté principale qu'offre l'analyse du zircon, c'est que ce minéral ne se décompose pas complètement par la calcination avec le carbonate de potasse ou de soude, et que la calcination avec de la potasse caustique est accompagnée de trop d'inconvéniens pour donner un résultat exact. En employant ce dernier procédé, la potasse fond; l'eau qui s'en dégage occasione un bouillonnement qui fait jaillir

la masse ; le creuset, même en argent, est attaqué, etc. J'essayai un autre procédé qui réussit au-delà de mes espérances. Je mêlai intimement une certaine portion de poudre de zircon (préalablement calciné) avec trois fois son poids de carbonate de soude en poussière fine; je tassai le mélange dans un creuset de platine en formant une concavité dans la masse. Je fis légèrement rougir le creuset au feu pendant un quart d'heure, mais sans faire fondre le sel. Après le refroidissement, je mis dans la concavité du sel une partie d'hydrate de soude, et je fis chauffer le creuset de nouveau. La soude fut imbibée successivement dans le mélange poreux, et l'eau se dégagea sans bouillonnement ni jaillissement. Je portai ensuite la chaleur jusqu'au rouge blanc, et je calcinai la masse à cette température pendant une demi-heure. La masse avait fondu; après le refroidissement, elle était incolore. Le creuset n'était pas du tout attaqué. Je traitai la masse avec de l'acide hydrochlorique, après quoi je fis évaporer à siccité. J'humectai la masse saline avec de l'acide hydrochlorique concentré, et après deux heures je la dissolvis dans de l'eau et je filtrai la dissolution. Un gramme de zircon calciné donna 0,398 gr. de silice. La liqueur filtrée, précipitée par de l'ammoniaque, donna 0,608 gr. de zircone qui conservait sa blancheur après avoir été calcinée. Je versai de l'acide fluorique sur la silice : il en résulta une forte chaleur, et après deux heures de digestion il resta dans la liqueur un résidu qui était sensiblement du zircon non décomposé, et dont le poids était 0,068 gr. En conséquence la quantité décomposée du zircon était de 0,932 gr. Je mêlai avec de l'acide sulfurique la dis-

solution de la silice dans l'acide fluorique, et je fis évaporer le mélange jusqu'à ce que l'acide fluorique en fût entièrement chassé, après quoi je dissolvis le résidu dans de l'eau, et je précipitai la dissolution par de l'ammoniaque caustique. Il se précipita une portion de zircone qui, après avoir été préalablement chauffée au rouge, pesait 0,045, et qui résultait de ce qu'une portion de zircone qui était devenue libre pendant la dessiccation de la masse gélatineuse silicifère, n'était pas rentrée en combinaison avec l'acide hydrochlorique. Il reste ainsi 0,285 de silice. En dissolvant la zircone dans de l'acide sulfurique concentré, j'obtins encore 0,027 de silice. En instillant le sulfate de zircone dans une solution de carbonate d'ammoniaque, la zircone se redissolvait sans résidu. Les réactifs n'accusèrent la présence d'aucune substance étrangère dans la liqueur d'où la zircone avait été précipitée la première fois. 0,938 gr. de zircon ont donné 0,312 gr. de silice et 0,626 gr. de zircone. La somme de ces nombres est = 0,938; il y a par conséquent un surcroît de 0,006 au-delà du poids du zircon soumis à l'analyse. Je fis une nouvelle analyse : le zircon se décomposa complètement; mais le résultat fut encore le même qu'auparavant, et le même surcroît en poids eut lieu. Il n'y a donc pas une faute d'observation. Ce surcroît du poids a toujours lieu lorsqu'on analyse par la calcination, avec un alcali, les minéraux qui contiennent de l'alumine, d'où je conclus que cet inconvénient tient à ce qu'une petite quantité de l'alcali se combine avec la terre d'où l'on ne peut pas l'enlever par des lavages avec l'eau. D'après ce que nous avons vu, le zircon contient :

	Résultat trouvé.			Résultat calculé.
Silice,	33,48	contenant d'oxigène	17,40	33,69
Alumine,	67,16		17,66	66,41.

La composition du zircon peut donc être représentée par $\dddot{Zr}\,\dddot{Si}$ ou $Zr S$.

Quelques Propriétés de là Zircone. Pendant le courant des recherches ci-dessus mentionnées j'ai observé plusieurs propriétés de la zircone, qui étaient inconnues ou très-peu connues. Quoiqu'elles ne se rapportent pas aux combinaisons de l'acide fluorique, je crois cependant devoir les mentionner à propos de ce que je viens de dire de la zircone.

Premièrement, je parlerai des discordances qu'il y a entre les résultats obtenus par moi et ceux de M. Chevreul. Dans mes recherches anciennes ayant pour objet la comparaison de la thorine avec la zircone, j'avais trouvé que celle-ci se précipitait par l'ébullition de ses dissolutions dans les acides; ce qui n'a pas eu lieu dans les expériences de M. Chevreul. C'est le résultat de M. Chevreul qui est le vrai, et je vais m'expliquer sur le mien. J'avais trouvé que la zircone se précipitait par du sulfate de potasse, et qu'elle pouvait par ce moyen être débarrassée du fer dont elle ne se dégage que très-difficilement. J'avais toujours employé ce moyen pour préparer de la zircone pour mes expériences. La zircone obtenue de cette manière a effectivement toutes les propriétés que j'ai décrites, et elle se comporte sous plusieurs rapports comme une terre toute différente de la zircone pure tant qu'elle n'a pas été complètement débarrassée de l'acide sulfurique par une digestion dans une solution de potasse caustique bouillante. Quoique je n'aie pas encore

parfaitement examiné la nature de la zircone précipitée de la manière que je viens de dire, j'en annoncerai ce que j'en ai appris par mes expériences.

Lorsqu'on mêle une dissolution d'un sel neutre de zircone avec des cristaux de sulfate de potasse, la zircone se précipite complètement dès que la liqueur est saturée par le sulfate. Ce phénomène tient à la disposition du sulfate de potasse à se combiner avec un excès d'acide sulfurique, d'où résulte en même temps la formation d'un sous-sulfate qui se précipite. Mais si la dissolution de la zircone contient un excès d'acide, cet excès retient en dissolution une portion correspondante de zircone qui ne se précipite pas par le sulfate de potasse. En lavant le précipité, une portion de celui-ci se dissout, et la solution qui en résulte se trouble en tombant dans la liqueur acide qui est passée la première par le filtre. Le précipité très-peu lavé est soluble dans les acides; mais après avoir été lavé, ou si on le fait bouillir dans l'eau, il devient très-peu soluble et exige de grandes quantités d'acide concentré pour s'y dissoudre. A la chaleur rouge, il donne de l'eau et de l'acide sulfurique; mais il devient insoluble dans l'acide sulfurique bouillant, et ne reprend sa solubilité que très-imparfaitement par la calcination avec un alcali caustique. Par la fusion au feu avec du sulfate acide de potasse, il redevient soluble. Mais si la quantité du sulfate acide de potasse était précisément celle qu'il fallait pour dissoudre la zircone par la fusion rouge, l'eau n'extrait de la masse refroidie que du sulfate acide de potasse, et laisse la zircone dans le même état que celui de la zircone précipitée d'une dissolution neutre par du

sulfate de potasse, et la liqueur ne contient que tout au plus une trace de zircone dissoute. La zircone ainsi obtenue et encore humide ne se laisse pas décomposer ni par l'ammoniaque caustique ni par le carbonate de potasse. Le carbonate d'ammoniaque la dissout; mais elle se précipite lorsqu'on fait bouillir le liquide, et conserve les mêmes propriétés qu'avant la dissolution. La même espèce de zircone ou, pour mieux dire, le sel de zircone se forme toujours lorsqu'on ajoute un sel de potasse dans une dissolution très-chaude de zircone et contenant de l'acide sulfurique, ou lorsque, dans un ordre inverse, on instille de l'acide sulfurique ou un sulfate dans une dissolution de zircone contenant de la potasse. Le précipité est plus soluble dans la liqueur acide lorsqu'elle est chaude qu'après le refroidissement, et il se dépose dans la liqueur pendant le refroidissement une nouvelle portion du précipité.

Quelques expériences analytiques sur cette substance, telle qu'on l'obtient après l'avoir fait bouillir et après l'avoir lavée, paraissent prouver qu'elle est un sous-sulfate de zircone dans lequel l'acide sulfurique est combiné avec six fois autant de base que dans le sel neutre. Elle contient en outre de la potasse; mais la quantité de celle-ci est tellement petite que je la regarderais comme quelque chose de non essentiel s'il se formait avec le sulfate de soude une combinaison analogue à celle que donne le sulfate de potasse; mais le sulfate de soude ne précipite la solution de zircone ni à froid ni en ébullition. Le sulfate d'ammoniaque donne quelquefois un précipité qui ressemble au précipité qui se forme par le sulfate de potasse, mais qui est tellement

soluble dans les acides et dans l'eau pure qu'on réussit rarement à l'obtenir. J'ai fait les expériences analytiques dont je viens de parler, de la manière suivante : je mêlai le précipité encore humide avec de l'hydrate de soude, après quoi je fis évaporer à siccité et ensuite fondre le mélange. Je dissolvis dans l'eau la masse saline, et je recueillis sur un filtre la terre qui ne se dissolvait pas. Je saturai la liqueur alcaline avec de l'acide hydrochlorique mis en excès, et je précipitai par l'hydrochlorate de baryte pour déterminer la quantité de l'acide sulfurique. Je précipitai l'excès de baryte par de l'oxalate d'ammoniaque, et je fis évaporer la liqueur jusqu'à siccité, après quoi je calcinai la masse pour en chasser l'hydrochlorate d'ammoniaque. Je dissolvis la masse dans l'eau, je mêlai la dissolution avec de l'hydrochlorate de platine, et je fis évaporer lentement le mélange jusqu'à la naissance de cristaux. Je dissolvis la masse saline dans l'alcool, qui laissa une petite trace d'hydrochlorate double de potasse et d'acide de platine. Dans une seconde expérience, je dissolvis le précipité de zircone, encore humide, dans de l'acide sulfurique concentré et bouillant, après quoi j'étendis le liquide avec de l'eau et j'en précipitai la zircone par de l'ammoniaque caustique. La liqueur, filtrée, évaporée à siccité et calcinée, ne donna encore qu'une trace de sulfate de potasse; mais la nature de la combinaison en question et la cause de son peu de solubilité ne sont pas décidées par ces expériences.

Sulfate de zircone. La zircone se combine à l'acide sulfurique en plusieurs proportions. Le sulfate neutre est cristallisable, surtout si l'on ajoute à la dissolution

neutre une portion d'acide sulfurique dans laquelle le sel est moins soluble que dans l'eau pure, d'où il résulte que le sel cristallise à mesure que l'acide se concentre par l'évaporation du liquide. On peut laver les cristaux avec de l'eau sans qu'ils se décomposent; mais si l'on ajoute de l'alcool à la dissolution du sel dans l'eau, il en résulte un précipité qui est un mélange de sulfate et de sous-sulfate : la quantité de ce dernier augmente par des lavages réitérés à l'alcool.

Si l'on mêle le sulfate de zircone avec de l'hydrate de zircone, il se forme un sous-sulfate qui est soluble dans l'eau, et qui par l'évaporation se prend en une masse gommeuse, laquelle devient finalement blanche et opaque. Si l'on fait chauffer cette masse à une certaine température, l'eau s'en dégage et la masse se boursouffle, comme cela a lieu avec l'alun lorsqu'on le calcine. Si l'on ajoute de l'eau à une solution du sous-sulfate de zircone, la solution se trouble et dépose dans quelques instans un précipité blanc qui est un autre sous-sulfate.

Dans une expérience analytique avec une dissolution de sous-sulfate soluble concentrée, et par conséquent aussi exempte que possible du sulfate neutre, j'obtins par la précipitation, au moyen de l'ammoniaque, 0,594 gr. de zircone. La liqueur, précipitée par l'hydrochlorate de baryte, donna 1,196 gr. de sulfate de baryte. Ces nombres correspondent à 100 parties d'acide sulfurique et 145 p. de zircone, ce qui est presque le double de la quantité de zircone dans le sulfate neutre; et l'acide contient $1\frac{1}{2}$ fois autant d'oxigène que la base.

Le sous-sulfate insoluble dans l'eau s'obtient le plus

facilement en précipitant une dissolution de sulfate neutre par de l'alcool, et en lavant le précipité avec de l'alcool et ensuite avec de l'eau. Je fis dissoudre le sel encore humide dans de l'acide hydrochlorique, et je précipitai premièrement par de l'ammoniaque caustique, et ensuite par de l'hydrochlorate de baryte. J'obtins 0,5 gr. de zircone et 0,636 gr. de sulfate de baryte, ou 100 p. d'acide sulfurique et 228,52 de zircone ; par conséquent l'acide est combiné dans ce sel à trois fois autant de base que dans le sel neutre. Les sulfates de la zircone sont composés, dans les proportions suivantes, de :

Sulfate neutre.			
Acide sulfurique,	56,92	100,000	3 atomes;
Zircone,	43,08	75,853	1 atome.
Premier sous-sulfate.			
Acide sulfurique,	39,73	100,000	3 atomes;
Zircone,	60,27	151,716	2 atomes.
Second sous-sulfate.			
Acide sulfurique,	30,53	100,000	1 atome;
Zircone,	69,47	227,58	1 atome.

Nitrate de zircone. La zircone donne aussi avec l'acide nitrique un sous-sel soluble dans l'eau. Si l'on fait évaporer le nitrate de zircone et qu'on le redissolve de nouveau dans de l'eau, on peut ajouter dans la dissolution une très-grande quantité d'ammoniaque avant qu'il ne se forme un précipité.

Nous avons vu plus haut que l'*acide hydrochlorique* donne de même un sous-sel soluble dans l'eau avec la

zircone, et les analyses ont prouvé que ce sel est composé d'un atome de chlorure de zirconium et d'un atome de zircone. Le sel neutre ou le chlorure de zirconium préparé par la voie humide est cristallisable ; mais les cristaux tombent en efflorescence à une température de + 50° ; ils perdent en même temps la moitié de leur poids, et deviennent blancs et opaques. Ils sont très-peu solubles dans l'acide hydrochlorique concentré. C'est sur cette propriété que M. Chevreul a fondé un procédé pour obtenir la zircone exempte de fer : ce procédé est de laver le chlorure avec de l'acide hydrochlorique qui dissout l'oxide de fer. Mais ce lavage est très-lent et ne peut pas être employé comme une méthode analytique, parce que l'acide enlève aussi une portion de zircone. Si l'on fait bouillir le sous-hydrochlorate de zircone dissous dans de l'eau, la solution commence bientôt à se troubler, et après une heure d'ébullition elle a déposé la plus grande partie de la zircone sous la forme d'un sous-sel avec un plus grand excès de base qu'auparavant. Ce dépôt est gélatineux, translucide et difficile à recueillir par la filtration, parce qu'il bouche les pores du filtre. Lorsqu'il est desséché, il offre un aspect vitreux. Je ne l'ai pas soumis à l'analyse.

Si l'on verse goutte à goutte, dans une dissolution de bi-carbonate de potasse ou de soude, une dissolution de zircone, le précipité se redissout promptement et complètement. Si l'on mêle le carbonate de zircone, obtenu par précipitation, avec une dissolution de bi-carbonate alcalin, la dissolution ne se fait que très-lentement. L'hydrate de la zircone ne s'y dissout pas du tout. Si l'on fait bouillir la dissolution jusqu'à ce que le bi-

carbonate se soit changé en carbonate, il se précipite une portion de la zircone sous la forme d'un hydrate. Ce qui reste en solution se précipite si l'on ajoute à la liqueur une solution de sel ammoniac, et qu'ensuite on fasse bouillir le mélange. Par conséquent, une partie de la zircone s'est dissoute dans l'excès de l'acide carbonique du bi-carbonate, et l'autre dans le carbonate. La partie dissoute dans l'acide carbonique peut être précipitée par de l'ammoniaque, quoique moins complètement que par l'ébullition.

Le carbonate d'ammoniaque ne dissout l'hydrate de zircone que très-difficilement, et la dissolution n'est pas complète. Le carbonate de zircone s'y dissout plus facilement que l'hydrate, et pour opérer la dissolution de la manière la plus prompte, on doit verser, par petites portions et en remuant, la solution de zircone dans une solution de carbonate d'ammoniaque. Lorsqu'une quantité un peu considérable de la zircone s'est précipitée sans avoir pris la précaution de la faire redissoudre en remuant, elle ne se redissout qu'après plusieurs heures. Par l'ébullition, la zircone se précipite sous la forme d'hydrate. Si le dissolvant était le bi-carbonate d'ammoniaque, le précipité serait blanc; dans l'autre cas, la liqueur se prend d'abord en gelée, et la zircone s'en sépare ensuite en masses demi-transparentes. Dans ces cas, toute la quantité de l'acide carbonique s'en va, et il ne se précipite que de l'hydrate. La zircone est entièrement précipitée avant que toute la quantité de l'ammoniaque ne se soit dégagée, et si on laisse continuer l'ébullition, la liqueur ne redissout plus la moindre portion du précipité, comme cela a lieu pour

la glucine et l'yttria. On ne peut pas employer avantageusement la propriété de la zircone de se dissoudre dans le carbonate d'ammoniaque pour affranchir la zircone d'autres terres et d'oxide de fer.

L'hydrate de la zircone, précipité à froid par de la potasse caustique et lavé également à froid avec de l'eau, se dissout aisément dans les acides étendus d'eau : le carbonate de zircone se comporte de même. Mais si l'on fait bouillir l'hydrate ou qu'on le lave à l'eau bouillante; il ne se dissout, même dans les acides concentrés, que par l'ébullition ou du moins par digestion très-prolongée. Les expériences mentionnées plus haut prouvent que dans l'hydrate de zircone la zircone contient deux fois autant d'oxigène que l'eau, comme cela a lieu dans l'hydrate d'oxide de fer. L'hydrate de zircone contient :

Zircone,	87,11	100,000	2 atomes;
Eau,	12,89	14,793	3 atomes.

La décomposition de l'hydrate de la zircone est accompagnée, comme l'a déjà remarqué M. Humphry Davy, d'un phénomène d'ignition, lequel phénomène a lieu avant que l'hydrate ne soit chauffé au rouge par le feu, si l'hydrate est pur et exempt d'humidité hygrométrique. Ce phénomène ne tient cependant pas au dégagement de l'eau. En exposant pendant quelque temps l'hydrate à une température élevée, mais qui était insuffisante pour produire le phénomène dont je viens de parler, j'ai réussi à chasser l'eau à un tel point qu'il en restait à peine un pour cent du poids de l'hydrate; en chauffant ensuite la zircone à une chaleur plus forte, le phéno-

mène d'ignition eut lieu avec la même vivacité que dans l'hydrate.

Affranchir la zircone de l'oxide de fer, c'est un problème difficile. J'ai mentionné le procédé de M. Chevreul à cet effet. MM. Dubois et Silveira recommandent de faire bouillir l'hydrate avec une dissolution d'acide oxalique, qui dissout l'oxide de fer sans attaquer la zircone. J'ai parlé, dans ce qui précède, du moyen que j'ai employé, et qui consiste à précipiter une dissolution neutre de zircone par du sulfate de potasse : l'oxide de fer reste alors en dissolution. Un autre procédé dont je me suis également servi pour l'analyse, c'est de faire dissoudre dans de l'acide tartrique la zircone ferrugineuse précipitée, de saturer ensuite la liqueur avec de l'ammoniaque mise en excès, laquelle ne précipite ni la zircone ni l'oxide de fer, et de précipiter finalement l'oxide de fer par de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Si on lave le précipité trop long-temps, l'eau de lavage commence à verdir. On évapore à siccité la liqueur filtrée, on calcine la masse sèche jusqu'à ce qu'il ne reste que de la zircone. Le carbone qui y reste brûle aisément. On transforme le sulfure de fer en sulfate en le dissolvant dans de l'eau régale; on précipite et pèse l'oxide. On peut encore affranchir la zircone de l'oxide de fer en faisant digérer dans de l'acide hydrochlorique l'hydrate de zircone, soumis préalablement à l'action de l'ébullition. La plus grande partie de la zircone échappe à la dissolution, mais peut se dissoudre dans de l'acide par une digestion prolongée. La preuve de la pureté de la zircone, c'est de ne pas changer de couleur par l'action d'un hydrochlorate d'alcali.

La meilleure méthode que j'aie trouvée pour rendre à la zircone calcinée sa solubilité est la suivante : je broie la zircone en poudre fine, après quoi je la fais digérer avec de l'acide sulfurique concentré, étendu avec son poids d'eau, à la plus grande chaleur que peut supporter le mélange sans jaillir par l'ébullition. Après avoir fait évaporer l'eau, je chasse l'excès de l'acide à une température encore plus élevée. Quand la masse n'exhale plus de vapeurs, je la laisse refroidir, après quoi je la dissous dans de l'eau chaude.

Note sur la Thorine. Quoique cette substance n'ait aucun rapport direct à l'histoire de l'acide fluorique, j'en parlerai cependant ici parce qu'elle a été l'objet d'un examen, conjointement avec les recherches que j'ai exposées dans ce qui précède.

Pendant mes recherches analytiques, faites dans le courant des années 1814 et 1815, de quelques combinaisons de l'acide fluorique avec l'oxide de cérium et l'yttria, qui se trouvent à Finbo, près de Fahlun en Suède, je croyais avoir découvert une terre nouvelle à laquelle je donnai le nom de *thorine*. Depuis ce temps-là j'ai toujours soupçonné que cette terre supposée était une combinaison de la zircone avec un acide non volatil, ce que je n'avais pas examiné alors, et j'ai regardé cette matière comme méritant un examen plus détaillé. J'avais encore un reste de cette substance, que j'ai comparée de nouveau avec les combinaisons de la zircone, et j'ai trouvé qu'elle se comporte d'une manière absolument différente de celle-ci. Afin d'en pouvoir faire une recherche plus exacte, je sacrifiai mon seul échantillon du minéral qui devait contenir de la thorine. Je

décomposai ce minéral par de l'acide sulfurique pour en chasser l'acide fluorique; et croyant qu'il était nécessaire d'en extraire séparément les oxides de cérium et de fer, je neutralisai la dissolution et je la fis bouillir. Il se précipita une substance semblable à la thorine, mais qui contenait sensiblement de l'oxide de cérium. Je dissolvis ce précipité dans de l'acide hydrochlorique dont l'action ne fut que très-faible; je précipitai l'oxide de cérium par du sulfate de potasse, je neutralisai la liqueur de nouveau et je la fis bouillir. Il se précipita une plus petite quantité que la première fois d'une poudre blanche que je reconnus être du phosphate d'oxide de fer. J'ajoutai à l'autre liqueur une solution d'yttria, et je fis bouillir le mélange; il se forma un précipité qui avait toutes les propriétés de la thorine, mais qui était du phosphate d'yttria. Dans le peu qui me restait de la thorine ancienne, le chalumeau découvrit la présence de l'acide phosphorique, d'où il résulta que la thorine n'était autre chose que du phosphate d'yttria; ce qui n'eût peut-être pas échappé auparavant à mon attention si l'usage du chalumeau pour reconnaître l'acide phosphorique eût été connu. Il résulte donc de cette recherche que la substance que j'avais décrite sous le nom de *thorine* n'est autre chose que du sous-phosphate d'yttria, duquel ni l'ammoniaque caustique ni le carbonate d'ammoniaque ne peuvent extraire l'acide phosphorique. Cette dernière circonstance fait que ce sous-phosphate précipité par l'ammoniaque acquiert des caractères qui sont étrangers à l'yttria pure, par exemple, celui de donner avec l'acide sulfurique en excès un sel cristallisable dont les cristaux se décomposent par l'eau en

devenant opaques sans perdre leur forme. Maintenant il est facile de voir que ce phénomène tient à ce que l'eau dissout le sulfate, mais n'attaque pas le phosphate d'yttria.

F. *Acide fluo-tungstique, et ses combinaisons avec les bases.*

L'affinité de l'acide fluorique pour l'acide tungstique est très-faible. Lorsqu'on verse de l'acide fluorique sur de l'acide tungstique, celui-ci se transforme en un liquide jaune et laiteux qui est soluble dans une grande quantité d'eau. L'acide tungstique calciné n'est que très-peu soluble dans l'acide fluorique. Si l'on fait évaporer la solution à une chaleur douce, il se transforme en une masse jaune et sirupeuse qui se gerce dans la suite, perd de l'acide fluorique et devient verdâtre. Si l'on y verse de l'eau, il se forme une liqueur laiteuse; on obtient une dissolution acide; mais la plupart de l'acide tungstique échappe à la dissolution. L'acide tungstique, dans cet état, contient cependant une portion d'acide fluorique qu'il retient opiniâtrément, et qu'il ne lâche que par la calcination dans une atmosphère d'ammoniaque. Je n'ai pas trouvé qu'il se volatilisât de l'acide tungstique avec l'acide fluorique.

Si l'on sature d'une base salifiable la dissolution de l'acide fluo-tungstique, il se forme des sels particuliers, mais dont la composition n'est pas analogue à celle des combinaisons dont j'ai parlé dans ce qui précède. On obtient également ces mêmes sels en combinant un tungstate à l'acide fluorique. Je n'ai pas étudié spécia-

lement les différens fluo-tungstates ; je me suis arrêté seulement au fluo-tungstate de potasse. Je pourrais ajouter que le fluo-tungstate d'ammoniaque s'approche du fluo-tungstate de potasse par ses caractères extérieurs, et que le fluo-tunsgtate de soude est plus soluble, mais cristallise, du moins lorsque sa quantité est petite, moins régulièrement que les autres.

J'ai obtenu le *fluo-tungstate de potasse*, soit en sursaturant d'acide fluorique le tungstate de potasse, soit en précipitant l'acide fluo-tungstique par de la potasse jusqu'à ce qu'il se formât un précipité permanent. Ce sel ne se dissout à froid que difficilement dans l'eau ; dans l'eau chaude il se dissout plus aisément et cristallise pendant le refroidissement en grandes écailles luisantes et semblables à l'acide borique. Sa saveur est amère et un peu métallique. Il ne s'altère pas dans l'air, et ne se décompose pas si on le fait redissoudre à froid ou à chaud dans de l'eau. Il contient de l'eau de cristallisation. Cette eau s'évapore lorsqu'on chauffe le sel fort au-dessus de la température de l'eau bouillante, et le sel se réduit alors en une poussière très-fine ; mais l'acide fluorique reste, à moins que la température ne soit trop élevée. En calcinant le sel anhydre, on peut le faire fondre sans qu'il s'en décompose, pourvu qu'il ne soit pas en contact avec des vapeurs d'eau ou avec de la silice. Après avoir été fondu, le sel est ordinairement un peu verdâtre, et le creuset de platine dans lequel on a fait fondre le sel acquiert une couleur d'un brun-rouge par l'action de l'acide fluorique.

Voici le procédé dont je me suis servi pour analyser ce sel : je fis chauffer 100 parties du sel à la flamme d'une

lampe, mais sans porter la chaleur jusqu'au rouge: ces 100 parties de sel éprouvèrent une perte de 4,8 parties d'eau. Un mélange de 100 parties du sel avec une certaine portion d'oxide de plomb éprouvèrent par l'échauffement la même perte d'eau. Je décomposai 100 parties de fluo-tungstate de potasse cristallisé par l'acide sulfurique. Dès que l'acide fluorique fut évaporé, j'étendis la liqueur avec de l'eau, je filtrai la dissolution, et je lavai l'acide tungstique qui restait dans le filtre avec de l'acide hydrochlorique étendu d'eau, afin de ne pas le dissoudre. L'acide tungstique ainsi lavé et ensuite bien calciné pesa 60,14. Voyant que l'acide tungstique retenait opiniâtrément l'acide sulfurique, et que ce dernier exigeait une calcination forte et prolongée pour se dégager de sa combinaison avec l'autre acide, je ne crus pas devoir regarder l'acide tungstique comme pur, avant de l'avoir calciné de nouveau et dans une atmosphère de carbonate d'ammoniaque, jusqu'à ce qu'il n'éprouvât plus de perte en poids. Je fis évaporer la liqueur acide filtrée jusqu'à siccité; j'en chassai l'acide sulfurique à une température élevée, et je calcinai ensuite le sel dans une atmosphère de carbonate d'ammoniaque. J'obtins 44,67 parties de sulfate de potasse = 24,14 p. de potasse. En dissolvant le sulfate de potasse dans de l'eau, j'y remarquai une trace d'acide tungstique trop petite pour mériter d'être appréciée. En réunissant les résultats de cet analyse, j'y trouvai autant de manque d'analogie aux combinaisons précédentes, que je commençai à soupçonner que l'acide tungstique eût contenu de la potasse. Je répétai l'analyse, mais avec la différence de dissoudre maintenant

l'acide tungstique dans de l'hydrosulfate d'ammoniaque et de précipiter par de l'acide hydrochlorique, après quoi je fis évaporer le liquide jusqu'à siccité. Après avoir lavé le sulfure, je le brûlai et je calcinai l'acide tungstique ainsi obtenu dans une atmosphère de carbonate d'ammoniaque. J'avais obtenu 58,2 pour cent d'acide tungstique. Je fis évaporer à siccité la liqueur filtrée, et en chassant par la chaleur les sels ammoniacaux, j'obtins encore une portion d'acide tungstique provenant d'un reste de sulfure dans la liqueur. L'eau en extrayait une trace inappréciable d'hydrochlorate de potasse. La quantité totale d'acide tungstique était de 59 pour cent. Le sulfate de potasse pesa 45 p. c. Ainsi les deux analyses s'accordent.

J'avais trouvé, par un essai de réduction par du gaz hydrogène, que 100 p. de tungstène se combinaient avec 25,56 p. d'oxigène. Un essai d'oxidation avait donné 25,15 d'oxigène sur 100 p. du métal. En prenant le moyen, l'acide tungstique est composé de :

Tungstène,	79,768	100,000 ;
Oxigène,	20,232	25,355 ;

et le poids d'un atome de tungstène est = 1183,2.

Reprenons maintenant les résultats de l'analyse du fluo-tungstate de potasse. J'avais obtenu :

	A.	*B.*	Oxigène.
Potasse........	24,15	24,33	4,1 ;
Acide tungstique.	60,14	59,00	12,17 ;
Acide fluorique..	10,91	11,87	8,15 ;
Eau............	4,80	4,80	4,26.

En comparant les proportions de l'oxigène, on voit que la potasse est en même temps combinée avec la quantité d'acide tungstique qu'il faut pour former le tungstate neutre, et avec la quantité d'acide fluorique qu'il faut pour former le fluate acide de potasse. Je ne conçois pas bien cette combinaison, si ce n'est qu'un atome du fluo-tungstate de potasse soit combiné à 1 atome de tungstate de potasse et à 4 atomes d'eau de cristallisation, suivant la formule :

$$(\ddot{K}\ddot{F} + \dddot{W}^2\ddot{F}^3) + \ddot{K}_2\dddot{W}^2 + 4\,Aq.$$

Le calcul donne :

Potasse...........	24,047 ;
Acide tungstique...	60,462 ;
Acide fluorique....	10,908 ;
Eau..............	4,583.
	100,000.

J'ai dissous ce sel dans l'acide fluorique et je l'ai fait ensuite cristalliser, dans la supposition que le tungstate de potasse qui en fait partie se changerait en fluo-tungstate; mais le sel obtenu par la cristallisation était absolument le même qu'auparavant.

G. *Acide fluo-molybdique, et ses combinaisons avec les bases salifiables.*

L'acide molybdique se dissout beaucoup plus facilement et en plus grande quantité dans l'acide fluorique que l'acide tungstique. La dissolution a une saveur acide et métallique assez désagréable. Elle se dessèche

par l'évaporation en une masse jaune et sirupeuse qui n'offre aucun signe de cristallisation, et qui, quand on la chauffe, tire sur le jaune ou le bleu. Lorsqu'elle est desséchée, elle ne se dissout plus complètement dans l'eau. La portion qui échappe à la dissolution est cependant une combinaison de l'acide fluorique avec l'acide molybdique. Cette combinaison est peu soluble dans l'eau, et ce qui s'y dissout se précipite lorsque pendant le lavage il tombe dans le liquide plus acide qui est passé le premier par le filtre.

L'acide molybdeux se combine pareillement avec l'acide fluorique. La dissolution est incolore; mais elle devient bleue par la dessiccation, et si l'on redissout dans de l'eau la masse sèche, il reste une poudre bleue qui contient encore de l'acide fluorique.

L'oxide de molybdène ne se dissout pas dans l'acide fluorique, mais il se réduit à l'instant à l'état métallique, et la liqueur contient de l'acide fluo-molybdique avec un peu d'acide molybdeux.

L'acide fluo-molybdique donne avec les bases salifiables des sels particuliers analogues à ceux de l'acide fluo-tungstique. J'ai étudié principalement le fluo-molybdate de potasse : afin de l'obtenir exempt d'acide molybdeux qui s'ajoute souvent à cette combinaison et en change la composition, j'avais préparé ce sel en faisant fondre le molybdate de potasse avec un peu de salpêtre, en dissolvant dans de l'eau, en mêlant cette solution avec de l'acide fluorique et en faisant ensuite cristalliser le sel. J'avais obtenu de cette manière un sel qui cristallisait en écailles, et qui ressemblait si parfaitement au fluo-tungstate qu'on ne pouvait pas les

distinguer l'un de l'autre, si ce n'était que les cristaux du fluo-molybdate étaient un peu plus petits que ceux du fluo-tungstate.

Le fluo-molybdate de potasse contient un peu plus d'eau que le fluo-tungstate, et ne tombe pas en poussière comme le fait ce dernier sel. Il prend une couleur jaune-gris lorsqu'il a perdu son eau. Le sel anhydre peut se fondre au feu, et prend par la fusion une couleur jaune-brunâtre. Chauffé seul ou avec de l'oxide de plomb, il perd 6 pour cent d'eau, et cela a lieu à une température qui ne s'élève pas beaucoup au-dessus de + 50° ou 60°.

L'analyse de ce sel est beaucoup plus difficile que l'analyse du fluo-tungstate, parce que l'acide molybdique n'est pas seulement soluble, mais qu'il est encore volatil. Je le décomposai avec de l'acide sulfurique : à une certaine période de la décomposition, la masse devint transparente et d'une couleur bleue très-belle ; mais cette couleur disparut enfin et la masse fut incolore.

Je fis dissoudre cette masse dans de l'eau mêlée avec un peu d'ammoniaque, et je précipitai la liqueur par l'acétate de plomb. Je séparai le précipité de la liqueur, et je précipitai de celle-ci l'excès du sel de plomb par du carbonate d'ammoniaque. Je fis évaporer le liquide, et quand celui-ci fut proche de sa dessiccation, j'y ajoutai de l'acide hydrochlorique et je poussai l'évaporation jusqu'à siccité. Après avoir chassé par la chaleur les sels ammoniacaux, il resta une quantité de chlorure de potassium correspondante à 31,63 pour cent de potasse.

Je fis digérer dans de l'hydrosulfate d'ammoniaque les précipités contenant du plomb. Après avoir filtré le liquide contenant le sulfure de molybdène, je lavai le sulfure de plomb sur le filtre ; j'évaporai le liquide et les eaux de lavage jusqu'à siccité, et je fis chauffer la masse jusqu'à ce qu'elle se convertît entièrement en acide molybdique. J'obtins 45,8 pour cent d'acide molybdique complètement soluble dans l'ammoniaque caustique.

En répétant l'analyse, mais en faisant usage de l'hydrochlorate de baryte au lieu de l'acétate de plomb, j'obtins encore la même quantité d'hydrochlorate de potasse ; mais l'hydrosulfate d'ammoniaque ne pouvait pas extraire la quantité totale d'acide molybdique du précipité obtenu par l'hydrochlorate de baryte.

Le fluo-molybdate de potasse contient :

	Résultat trouvé.	Résultat calculé.
Potasse............	31,63	31,61 ;
Acide molybdique...	45,80	48,03 ;
Acide fluorique.....	16,57	14,33 ;
Eau...............	6,00	6,03.

La formule de ce sel est :

$$(\ddot{K}\ddot{F}+\dddot{M}o^2 f^3)+\ddot{K}\dddot{M}o^2+4Aq.$$

Lettre *de M.* Ampère *à M.* Gerhardi *sur divers phénomènes électro-dynamiques.*

« Monsieur,

» J'ai mille remercîmens à vous faire de l'exemplaire de vos observations sur l'ouvrage de M. le chevalier Leopoldo Nobili, que vous avez eu la bonté de m'envoyer.

» Les réponses que vous faites à plusieurs objections proposées dans cet ouvrage contre quelques parties de ma théorie des phénomènes électro-dynamiques m'ont paru en général très-justes, et je pense qu'elles ne laissent rien à désirer sur ce sujet. La plupart s'étaient présentées à mon esprit quand je lus l'ouvrage de M. Leopoldo Nobili, ouvrage où se trouvent d'ailleurs des recherches sur diverses circonstances des phénomènes électro-dynamiques qui m'ont paru pleines d'intérêt.

» Vous avez très-bien montré, Monsieur, que les résultats de toutes les expériences décrites dans cet ouvrage sont entièrement conformes à ce qu'on déduit de la manière dont j'ai expliqué les phénomènes électro-dynamiques. Je crois cependant devoir ajouter deux observations à celles que vous avez faites sur ce sujet. La première est relative à ce que, dans ma lettre à M. Faraday, en date du 18 avril 1823, j'avais dit que l'action mutuelle de deux circuits fermés ou de deux assemblages de circuits fermés ne peut produire le mouvement de rotation continue dans l'un de ces circuits ou de ces assemblages. (*Voyez* mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, page 366.) Vous avez

raison, ainsi que M. de Nobili, de me reprocher d'avoir, dans ce passage d'une lettre écrite rapidement, énoncé d'une manière trop générale une chose qui n'est vraie que des circuits fermés, ou assemblages de circuits fermés qui sont *solides*, c'est-à-dire, de *forme invariable dans toute leur étendue.* Qu'elle soit vraie dans ce cas, c'est ce qu'il vous sera facile de vérifier, parce que, dans toutes les positions des deux circuits fermés où l'un d'eux tend à imprimer à l'autre un mouvement de rotation continue, il arrive, à mesure que ce mouvement a lieu, que le circuit fermé mobile vient s'appuyer sur l'autre, et que le mouvement ne peut continuer qu'autant que l'un des deux circuits a, dans l'endroit où ils se rencontrent, une portion liquide que l'autre puisse traverser. Mais si j'ai eu tort, dans le passage en question de ma lettre à M. Faraday, de ne pas énoncer cette restriction en disant : « Des circuits fermés solides et » de forme invariable dans toute leur étendue », c'est que je pensais qu'on verrait bien, en lisant ce passage, que j'entendais parler seulement de cette sorte de circuits, puisque l'expérience même de M. Faraday, où un aimant tourne continûment autour d'un conducteur vertical, m'était connue depuis long-temps, et qu'il est évident que, d'après ma formule, le mouvement continu de rotation doit avoir lieu, dans ce cas, soit que le courant électrique traverse ou ne traverse pas l'aimant, pourvu que le mercure dans lequel il est établi puisse s'ouvrir pour laisser passer cet aimant, en un mot, pourvu que le circuit fixe soit en partie liquide. J'étais d'autant plus fondé à penser que l'on restreindrait aux circuits fermés *solides* ce que je disais relativement à l'impossibilité

de produire un mouvement de rotation continue par leur action mutuelle, que cette restriction, oubliée dans ma lettre à M. Faraday, était énoncée de la manière la plus complète dans deux autres endroits de mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques.*

» Voici comme je me suis exprimé à la page 235 de ce Recueil : « Dès que j'eus connaissance, à la fin » d'octobre 1821, du Mémoire où M. Faraday avait » publié, peu de temps auparavant, son importante » découverte du mouvement continu de rotation d'un » conducteur voltaïque autour d'un aimant, et d'un ai- » mant autour d'un conducteur, et où il avait annoncé » qu'il n'avait pu faire tourner, par l'action de ce der- » nier, un aimant autour de son axe, je cherchai à pro- » duire cette sorte de mouvement en faisant agir des » aimans, disposés de toutes les manières que je pus » imaginer, sur les conducteurs mobiles dont je m'étais » servi jusqu'alors dans toutes mes expériences, et dont » les deux extrémités se trouvaient dans l'axe de rota- » tion. Je parvins bientôt à ce résultat général, que » tant que cette circonstance a lieu dans un conducteur » dont toutes les parties *sont liées invariablement* entre » elles, le mouvement continu de rotation est impos- » sible, et il me fut facile d'en conclure qu'il l'est éga- » lement par l'action mutuelle d'un aimant et d'un » circuit fermé de *forme invariable*, puisqu'un tel cir- » cuit peut toujours être considéré comme la réunion » de deux portions de conducteurs dont les extrémités » sont dans un même axe de rotation pris à volonté. »

» Et à la page 356, en répétant qu'il est impossible de produire cette sorte de mouvement en employant

seulement des aimans ou des conducteurs *solides* formant des circuits fermés, j'ai expliqué, par une note placée au bas de cette page, l'expression *conducteurs solides* en ces termes : « On entend ici, par cette expres-
» sion, que toutes les parties de la portion du conduc-
» teur qui forme un circuit fermé ou presque fermé
» sont invariablement liées entr'elles, et ne peuvent
» changer de situation respective. Lorsque cette portion
» est composée de deux ou de plusieurs pièces mobiles
» séparément, ou qu'elle est formée en tout ou en par-
» tie d'un liquide conducteur, le mouvement de rotation
» continue devient possible. »

» Vous voyez, Monsieur, que la restriction qui rend exact ce que j'ai dit sur le cas où le mouvement de rotation devient impossible est exprimée de la manière la plus expresse dans cette note, qui se trouve dans mon Recueil, immédiatement avant ma lettre à M. Faraday, et qui y a été publiée il y a plus de deux ans.

» La seconde observation se rapporte à la remarque que vous avez faite page 16 de votre Mémoire, sur ce que, d'après la valeur

$$\frac{\pi m^2 ii'}{2g} (\cos \theta' - \cos \theta'' - \cos \theta_1' + \cos \theta_1''),$$

que j'ai donnée à la page 28 de mon *Précis de la Théorie des phénomènes électro-dynamiques*, pour représenter le moment de rotation produit par l'action d'un solénoïde électro-dynamique sur un conducteur, action qui peut en général être assimilée à celle qu'un aimant exercerait sur le même conducteur, vous avez trouvé qu'en supposant que les deux extrémités du conducteur

et les deux poles du solénoïde ou de l'aimant sont à la fois dans l'axe de rotation, le mouvement continu autour de cet axe devait avoir lieu quand un des poles est entre les deux extrémités du conducteur, et l'autre pole hors de l'intervalle compris entre ces extrémités. Ce résultat de ma formule est d'accord avec celui de l'expérience qu'on fait au moyen de l'appareil représenté ici (fig. 1), quoique, dans cet appareil, l'extrémité inférieure N du conducteur mobile $MABN$ qui plonge dans le mercure de la coupe PQ ne se termine pas précisément à l'axe. Cela vient, d'une part, de ce que les cosinus des angles θ_1' et θ_1'', relatifs à l'extrémité N, ne diffèrent que très-peu des valeurs -1 et $+1$ que prendraient ces cosinus si elle était exactement dans l'axe; et d'autre part, de ce que la valeur du moment de rotation en fonction des angles θ', θ'', θ_1', θ_1'' est applicable à ce cas parce que les divers points du conducteur sont à des distances des courans de l'aimant beaucoup plus grandes que les rayons des circonférences décrites par ces courans. Mais si l'on pouvait supposer que le conducteur pénétrant dans l'aimant vînt se terminer à un point D de l'axe situé dans l'intérieur de cet aimant, on ne peut plus dire précisément ce qui aurait lieu dans cette supposition, impossible d'ailleurs à réaliser. En effet, les points de la portion CD du conducteur mobile se trouvant comme infiniment près des courans de l'aimant, on ne pourrait plus considérer les rayons des circonférences que décrivent ces courans, comme très-petits relativement aux distances entre elles et les points dont nous parlons; dès-lors l'expression du moment de rotation qui a été calculée en négligeant

les puissances de ces rayons, supérieure à la troisième, cesserait de donner la valeur de ce moment. C'est pourquoi, lorsqu'on remplace, dans l'appareil que nous venons de décrire, l'aimant par une hélice électro-dynamique, il y a encore mouvement de rotation continue tant que l'extrémité inférieure N du conducteur mobile est en dehors de cette hélice, comme elle est en dehors de l'aimant LL' (fig. 1); mais si, cette hélice ayant toujours pour axe celui autour duquel le conducteur mobile est assujetti à tourner, on dispose le conducteur mobile comme on le voit (fig. 2), de manière que son extrémité inférieure N soit, comme la supérieure M, exactement dans l'axe, en faisant passer la portion horizontale BC de ce conducteur entre les spires de l'hélice, il n'aura plus aucune tendance à tourner autour de l'axe de ces spires, parce que pour chacune d'elle il y aura sur BC un point O tel que le moment de rotation que l'action de la spire imprime à la portion $MABO$ pour la faire tourner dans un sens sera détruit par un moment égal et de signe contraire résultant de l'action de la même spire pour faire tourner la portion OC en sens contraire. L'opposition de ces deux actions n'a évidemment lieu que parce que la portion OC du conducteur mobile se trouve dans l'intérieur de l'hélice, tandis que la portion $MABO$ est en dehors : or, cette circonstance ne peut avoir lieu sans qu'il y ait des points du conducteur mobile à une distance des deux spires entre lesquelles il passe moindre que celle d'une spire à l'autre, et dès-lors la valeur du moment de rotation en fonction des angles $\theta', \theta'', \theta'_1, \theta''_1$ n'est plus applicable puisqu'elle repose sur ces deux

suppositions que la distance de deux courans circulaires consécutifs est infiniment petite, et que celle des divers points du conducteur mobile à ces courans est très-grande relativement aux rayons des cercles qu'ils décrivent. Ce cas où la valeur trouvée pour le moment de rotation n'a plus lieu est au reste particulier aux hélices électro-dynamiques, et ne peut exister à l'égard des aimans, puisque le conducteur mobile ne peut passer entre les courans électriques auxquels ils doivent leurs propriétés, et que les rayons des cercles décrits par ces courans sont d'une petitesse de l'ordre des dimensions des particules des corps.

» De tout cela il ne résulte aucune dissemblance réelle entre la manière d'agir d'un aimant et celle d'un solénoïde électro-dynamique; on voit que l'hélice que nous substituons à ce dernier agit comme l'aimant, à l'exception du seul cas où une portion du conducteur mobile passe entre ses spires, et s'étend dans l'intérieur de cette hélice, ce qui ne peut avoir lieu à l'égard de l'aimant dont les courans circulaires entourent chaque particule. On voit en même temps pourquoi la valeur du moment de rotation rappelée plus haut cesse, dans le même cas, d'exprimer l'action de l'hélice, quoiqu'elle représente toujours exactement celle des aimans, et comment la rotation continue du conducteur mobile, disposé comme dans la fig. 1, n'est nullement contraire au cas d'équilibre dont j'ai déduit, entre les deux constantes k et n de ma formule, la relation

$$2k + n = 1,$$

et que j'ai constatée par l'expérience décrite aux pag. 311

et 312 de mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques*. Dans cette expérience, l'équilibre a lieu entre les deux actions exercées par le conducteur circulaire horizontal; la première, dans un sens, sur la portion du conducteur mobile qui répond à l'intérieur de ce conducteur circulaire; la seconde, en sens contraire, sur la portion du conducteur mobile qui lui est extérieur : or, dans l'appareil (fig. 1), ce dernier est tout extérieur à l'aimant, il n'y a donc d'action que dans un sens, et le mouvement de rotation continue en est une suite nécessaire. Il est inutile d'ajouter que si les actions exercées par le conducteur horizontal sur les deux portions du conducteur mobile dont je viens de parler tendent à le faire tourner en sens opposés, cela vient de ce que le courant de ce dernier conducteur ne peut aller, en s'approchant de celui du conducteur horizontal dans une de ces deux portions sans aller en s'en écartant dans l'autre et réciproquement.

» Au reste, comme la manière dont j'avais déterminé la relation

$$2k + n = 1$$

n'était peut-être pas assez rigoureuse parce que je n'avais vérifié que sur un courant décrivant, soit une circonférence entière, soit une demi-circonférence, ce qui aurait dû l'être sur chaque élément du courant circulaire horizontal : c'est pourquoi j'ai imaginé un autre instrument à l'aide duquel on obtient entre n et k la même relation d'une manière plus simple, et on évite en même temps l'inconvénient dont je viens de parler, parce que l'expérience que je fais avec cet instrument prouve directement que l'action d'un circuit fermé sur un élé-

ment de courant électrique est toujours perpendiculaire à la direction de cet élément, ce qui suffit pour démontrer que $2k + n = 1$, ainsi que je le ferai voir dans une Note que je compte bientôt publier, et où se trouvera la description de l'instrument représenté ici (fig. 3).

» J'ai l'honneur d'être, etc. »

Paris, 16 août 1825.

Mémoire *sur une nouvelle Expérience électro-dynamique, sur son application à la formule qui représente l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs voltaïques, et sur de nouvelles conséquences déduites de cette formule.*

Par M. Ampère.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, dans la séance du 12 septembre 1825.)

La manière dont j'ai déterminé la relation des deux coefficiens de la formule par laquelle j'ai représenté l'action mutuelle de deux élémens de courans électriques dans le Mémoire que j'ai lu à l'Académie le 10 juin 1822, étant sujette à quelque difficulté, j'ai cherché à établir cette relation d'une manière plus simple et plus directe : j'y suis parvenu aisément à l'aide d'un instrument que je vais d'abord décrire ; j'exposerai ensuite quelques nouveaux résultats que j'ai déduits de la même formule.

Sur un pied TT' (fig. 3), en forme de table, s'élèvent deux colonnes EF, $E'F'$, liées entr'elles par deux traverses LL', FF'; un axe GH est maintenu entre ces deux traverses dans une position verticale. Ses deux extrémités G, H, terminées en pointes aiguës, entrent dans deux trous coniques pratiqués, l'un dans la traverse inférieure LL', l'autre à l'extrémité d'une vis KZ portée par la traverse supérieure FF', et destinée à presser l'axe GH sans le forcer. En C est fixé invariablement à cet axe un support QCO dont l'extrémité O présente une charnière dans laquelle est engagé par son milieu un arc de cercle AA' formé d'un fil métallique qui reste constamment dans une position horizontale, et qui a pour rayon la distance du point O à l'axe. Cet arc est équilibré par un contre-poids Q, afin de diminuer le frottement de l'axe GH dans les trous coniques où ses extrémités sont reçues.

Au-dessous de l'arc AA' sont disposés deux augets M, M' pleins de mercure, de telle sorte que la surface du mercure, s'élevant au-dessus des bords, vienne toucher l'arc AA' en B et B'. Ces deux augets communiquent par des conducteurs métalliques MN, $M'N'$ avec des coupes P, P' pleines de mercure. La coupe P et le conducteur MN qui la réunit à l'auget M sont fixés à un axe vertical qui s'enfonce dans la table de manière à pouvoir tourner librement. La coupe P', à laquelle est attaché le conducteur $M'N'$, est traversée par le même axe, autour duquel elle peut tourner aussi indépendamment de l'autre. Elle en est isolée par un tube de verre V qui enveloppe cet axe, et par une rondelle de verre U qui la sépare du conducteur de l'au-

get M, de manière qu'on peut disposer les conducteurs $MN, M'N'$ sous l'angle qu'on veut.

Deux autres conducteurs $IR, I'R'$ attachés à la table plongent respectivement dans les coupes P, P', et les font communiquer avec des cavités R, R' creusées dans la table et remplies de mercure. Enfin, une troisième cavité S pleine également de mercure se trouve entre les deux autres.

Voici la manière de faire usage de cet appareil : on fait plonger l'un des rhéophores, par exemple, le rhéophore positif, dans la cavité R, et le rhéophore négatif dans la cavité S, qu'on met en communication avec la cavité R' par un conducteur curviligne d'une forme quelconque. Le courant suit le conducteur RI, passe dans la coupe P, de là dans le conducteur NM, dans l'auget M, dans la partie BB' de l'arc AA', dans l'auget M', le conducteur $M'N'$, la coupe P', le conducteur $I'R'$, et enfin de la cavité R' dans le conducteur curviligne qui se rend dans la cavité S, où plonge le rhéophore négatif.

D'après cette disposition, le circuit voltaïque total se compose :

1°. De l'arc BB' et des conducteurs $MN, M'N'$;

2°. D'un circuit formé des parties $RIP, P'I'R'$ de l'appareil, du conducteur curviligne qui va de R' en S et de la pile elle-même.

Ce dernier circuit doit agir comme un circuit fermé puisqu'il n'est interrompu que par l'épaisseur du verre qui isole les deux coupes P, P' : il suffira donc d'observer son action sur l'arc BB' pour constater par l'ex-

périence l'action d'un circuit fermé sur un arc dans les différentes positions qu'on peut lui donner.

Lorsqu'au moyen de la charnière *O* on met l'arc *AA'* dans une position telle que son centre soit hors de l'axe *GH*, cet arc prend un mouvement et glisse sur le mercure des augets *MM'* en vertu de l'action du courant curviligne fermé qui va de *R'* en *S*. Si, au contraire, son centre est dans l'axe, il reste immobile : le circuit fermé est donc alors sans action pour le faire tourner autour de l'axe, et cela quelle que soit la grandeur de la partie *BB'* déterminée par l'ouverture de l'angle des conducteurs *MN*, *M'N'*. Si donc on prend successivement deux arcs *BB'* qui diffèrent peu l'un de l'autre, comme le moment de rotation est nul pour chacun d'eux, il sera nul pour leur petite différence, et par conséquent pour tout élément de circonférence dont le centre est dans l'axe; d'où il suit que la direction de l'action qu'exerce le circuit fermé sur l'élément passe par cet axe, et qu'elle est par conséquent perpendiculaire à l'élément.

Lorsque l'arc *AA'* est situé de manière que son centre soit dans l'axe, les portions de conducteurs *MN*, *M'N'* exercent sur l'arc *BB'* des actions répulsives égales et opposées, en sorte qu'il ne peut en résulter aucun effet; et puisqu'il n'y a pas de mouvement, on est sûr qu'il n'y a pas de moment de rotation produit par le circuit fermé.

Lorsque l'arc *AA'* se meut dans l'autre situation où nous l'avions d'abord supposé, les actions des conducteurs *MN* et *M'N'* ne sont plus égales : on pourrait croire que le mouvement n'est dû qu'à cette différence;

mais suivant qu'on approche ou qu'on éloigne ce circuit curviligne qui va de R' en S, le mouvement est augmenté ou diminué ; ce qui ne permet pas de douter que le circuit fermé ne soit pour beaucoup dans l'effet observé.

Une fois qu'on a établi par cette expérience que l'action d'un circuit fermé sur un élément de circuit voltaïque est toujours perpendiculaire à la direction de cet élément, on peut en déduire, par un calcul très-simple, la relation entre n et k, que j'avais d'abord trouvée par un autre procédé. Il suffit en effet, pour cela, de décomposer l'action qu'exerce sur l'élément que l'on considère chacun des élémens du circuit fermé en deux forces, l'une perpendiculaire à cet élément, et l'autre qui ait la même direction que lui, et que je nommerai *force tangentielle élémentaire* ; puis de faire la somme de toutes les forces tangentielles élémentaires produites par le circuit fermé, et d'égaler à zéro cette somme, qui est la force tangentielle due à tout le circuit : or, si l'on représente par ds' l'élément sur lequel il agit, par ds un élément de ce même circuit, et que l'on conserve d'ailleurs les dénominations du Mémoire imprimé dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome XX, pages 398 et suivantes, on aura, pour l'action mutuelle des deux élémens

$$-ii'r^{1-n-k}\,d(r^k d'r) \quad \text{(page 413)};$$

d'ailleurs

$$\cos\beta = -\frac{dr}{ds'} \quad \text{(page 408)},$$

d'où

$$d'r = \frac{dr}{ds'}\,ds' = -ds'\cos\beta,$$

ce qui change l'expression de cette action en

$$ii'\,\mathrm{d}s'\,r^{1-n-k}\,\mathrm{d}\,(r^k \cos\beta)\,;$$

car $\mathrm{d}s'$, qui représente l'élément sur lequel agit le circuit fermé, est constant par rapport à la caractéristique d.

Pour avoir la force tangentielle élémentaire, il faut multiplier cette valeur par cos β, ce qui donne

$$ii'\,\mathrm{d}s'\,r^{1-n-k}\cos\beta\,\mathrm{d}\,(r^k \cos\beta),$$

qu'on peut mettre sous la forme

$$\tfrac{1}{2} ii'\,\mathrm{d}s'\,r^{1-n-2k}\,\mathrm{d}\,(r^k \cos\beta)^2.$$

Intégrant par partie, on en tire, pour la force tangentielle totale

$$\tfrac{1}{2} ii'\,\mathrm{d}s' \left\{ r^{1-n-2k}(r^k \cos\beta)^2 - (1-n-2k)\int r^{-n-2k}(r^k \cos\beta)^2\,\mathrm{d}r \right\},$$

ou

$$\tfrac{1}{2} ii'\,\mathrm{d}s' \left\{ \frac{\cos^2\beta}{r^{n-1}} - (1-n-2k)\int \frac{\cos^2\beta}{r^n}\,\mathrm{d}r \right\}.$$

Comme le circuit est fermé, r et β prendront les mêmes valeurs aux limites, ainsi la première partie

$$\frac{\cos^2\beta}{r^{n-1}}$$

disparaîtra. Mais il n'en sera pas de même de la seconde, qu'on ne peut calculer qu'après avoir remplacé l'une des variables r et β par sa valeur en fonction de l'autre tirée des équations du circuit, en sorte qu'on peut choisir ces équations de manière que l'intégrale

$$\int \frac{\cos^2\beta}{r^n}\,\mathrm{d}r$$

ne se réduise pas à zéro entre les limites. Pour que la

force tangentielle totale s'évanouisse, il faut donc que le coefficient de cette intégrale soit nul; ce qui donne la relation cherchée $2k+n-1=0$.

Pour se faire une idée plus juste de l'intégrale

$$\int \frac{\cos^2 \beta}{r^n} \, dr,$$

on peut concevoir, autour du milieu de l'élément ds pris pour centre, une infinité de surfaces sphériques qui divisent le circuit fermé en arcs infiniment petits, de manière que les deux surfaces sphériques extrêmes le touchent aux deux points de ce circuit qui sont, l'un le plus éloigné, et l'autre le plus proche du milieu de l'élément; alors on pourra considérer le circuit fermé comme composé de deux branches terminées à ces deux points, et divisées toutes deux en un même nombre d'arcs infiniment petits, de manière qu'à chacun des arcs d'une branche réponde un arc de l'autre branche compris entre les deux mêmes surfaces sphériques consécutives : pour deux arcs correspondans on a alors la même valeur de r, et les valeurs de dr sont égales, mais de signes contraires, puisque le courant ne peut aller en s'éloignant de l'élément ds' dans une des branches sans aller, en s'en approchant, dans l'autre. On voit par là pourquoi l'intégrale $\int f(r) \, dr$ est toujours nulle quand on la prend dans toute l'étendue du circuit fermé, puisque cette intégrale se compose alors d'élémens qui sont, deux à deux, de même valeur, mais de signes contraires.

Il en serait de même de $\int f(r) \cos^2 \beta \, dr$, si $\cos^2 \beta$ avait la même valeur pour deux élémens corres-

pondans quelconques, par exemple, si ces deux élémens étaient toujours situés symétriquement des deux côtés d'un plan élevé perpendiculairement sur le milieu de ds'; mais si, au contraire, dans une des deux branches la valeur absolue de cos β pour chaque élément est plus grande que pour son correspondant, $\int f(r) \cos \beta \, dr$ se composera de deux séries de termes, dont l'une ne contiendra que des termes positifs et l'autre des termes négatifs, de manière que chacun des premiers ait une valeur absolue plus grande ou plus petite que celle du terme négatif qui lui correspond dans l'autre série. Dès-lors cette intégrale ne pourra jamais être nulle, et il faudra, pour que la force tangentielle le soit conformément à l'expérience, qu'on ait $2k+n-1=0$.

En partant de cette relation entre k et n, et en nommant β' et β'', r' et r'', ces valeurs de β et de r qui correspondent aux deux extrémités d'une portion de conducteur voltaïque, on trouve, pour l'action qu'elle exerce sur l'élément ds' dans la direction de cet élément

$$\tfrac{1}{2} i i' \, ds' \left[\frac{\cos^2 \beta''}{r''^{\,n-1}} - \frac{\cos^2 \beta'}{r'^{\,n-1}} \right],$$

ou plutôt

$$\tfrac{1}{2} i i' \, ds' \left[\frac{\cos^2 \beta''}{r''} - \frac{\cos^2 \beta'}{r'} \right],$$

puisqu'on sait par d'autres expériences que $n=2$. Il suffit de changer le signe de cette expression, qui est indépendante de la forme de la portion de conducteur voltaïque, et dépend seulement de la situation de ses

deux extrémités à l'égard de l'élément ds', pour avoir la force avec laquelle la même portion de conducteur est tirée en sens contraire par l'élément suivant une droite parallèle à la direction de celui-ci, d'où il suit que si cet élément fait partie d'un conducteur rectiligne fixe, on aura la valeur de la force qu'exerce tout le conducteur pour faire marcher la portion dont nous parlons parallèlement à ce conducteur, en intégrant entre les limites marquées par ses deux extrémités la valeur que nous venons de trouver pour la force tangentielle de l'élément ds'.

Si l'on nomme a' et a'' les perpendiculaires abaissées des deux extrémités de la portion de conducteur que l'on considère comme mobile, sur le conducteur rectiligne dont il s'agit de calculer l'action parallèlement à sa direction, on aura

$$r'' = \frac{a''}{\sin\beta''}, \quad r' = \frac{a'}{\sin\beta'},$$

$$ds' = -\frac{d'r''}{\cos\beta''} = \frac{a''\,d\beta''}{\sin^2\beta''} = -\frac{d'r'}{\cos\beta'} = \frac{a'\,d\beta'}{\sin^2\beta'},$$

et par conséquent,

$$\frac{ds'}{r''} = \frac{d\beta''}{\sin\beta''}, \quad \frac{ds'}{r'} = \frac{d\beta'}{\sin\beta'};$$

d'où il est aisé de conclure que l'intégrale cherchée est

$$-\tfrac{1}{2}ii'\int\left[\frac{\cos^2\beta''\,d\beta''}{\sin\beta''} - \frac{\cos^2\beta'\,d\beta'}{\sin\beta'}\right]$$

$$= -\tfrac{1}{2}ii'\left[\mathrm{l}\,\frac{\mathrm{tang}\,\frac{1}{2}\beta''}{\mathrm{tang}\,\frac{1}{2}\beta'} + \cos\beta'' - \cos\beta' + C\right].$$

Il faudra prendre cette intégrale entre les limites déterminées par les deux extrémités du conducteur rectiligne; en nommant $\beta_{,}'$, $\beta_{,}''$, $\beta_{,,}'$, $\beta_{,,}''$ les valeurs de β' et de β'' relatives à ces limites, on a sur-le-champ celle de la force exercée par le conducteur rectiligne, et cette dernière valeur ne dépend évidemment que des quatre angles $\beta_{,}'$, $\beta_{,}''$, $\beta_{,,}'$, $\beta_{,,}''$.

Lorsqu'on veut la valeur de cette force pour le cas où le conducteur rectiligne s'étend indéfiniment dans les deux sens, il faut faire $\beta_{,}'=\beta_{,}''=0$, et $\beta_{,,}'=\beta_{,,}''=\pi$: il semble, au premier coup-d'œil, qu'elle devient alors nulle, ce qui serait contraire à l'expérience; mais on voit aisément que la partie de l'intégrale où entrent les cosinus de ces quatre angles est la seule qui s'évanouisse dans ce cas, et que le reste de l'intégrale

$$\tfrac{1}{2}ii'\left[\mathrm{l}\,\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}''}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}'}-\mathrm{l}\,\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,,}''}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}''}\right]$$

$$=\tfrac{1}{2}ii'\;\mathrm{l}\,\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}''\cot\frac{1}{2}\beta_{,,}''}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}'\cot\frac{1}{2}\beta_{,}''}$$

devient

$$\tfrac{1}{2}ii'\,\mathrm{l}\,\frac{\operatorname{tang}^2\frac{1}{2}\beta_{,}''}{\operatorname{tang}^2\frac{1}{2}\beta_{,}'}=ii'\,\mathrm{l}\,\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}''}{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\beta_{,}'}=ii'\;\mathrm{l}\,\frac{a''}{a'}.$$

Cette valeur montre que la force cherchée ne dépend alors que du rapport des deux perpendiculaires a' et a' abaissées sur le conducteur rectiligne indéfini des deux extrémités de la portion de conducteur sur lequel il agit; qu'elle est encore indépendante de la forme de cette portion, et ne devient nulle, comme cela doit

être, que quand les deux perpendiculaires sont égales entre elles.

Pour avoir la distance de cette force au conducteur rectiligne, dont la direction est parallèle à la sienne, il faut multiplier chacune des forces élémentaires dont elle se compose par sa distance au conducteur, et intégrer le résultat relativement aux mêmes limites; on aura ainsi le moment qu'il faudra diviser par la force pour avoir la distance cherchée.

On trouve aisément, d'après les valeurs ci-dessus, que le moment élémentaire a pour valeur

$$\tfrac{1}{2} i i' \, d s' \, r \sin\beta \, d\left(\frac{\cos^2 \beta}{r}\right).$$

Cette valeur ne peut s'intégrer que quand on y a substitué à l'une des variables r ou β sa valeur en fonction de l'autre, tirée des équations qui déterminent la forme de la portion mobile de conducteur; elle devient très-simple quand cette portion se trouve sur une droite élevée par un point quelconque du conducteur rectiligne que l'on considère comme fixe perpendiculairement à sa direction, parce qu'en prenant ce point pour l'origine des s', on a

$$r = -\frac{s'}{\cos\beta},$$

parce que s' est une constante relativement à la différentielle

$$d\,\frac{\cos^2\beta}{r};$$

la valeur du moment élémentaire devient donc

$$\tfrac{1}{2} i i' \, d s' \, \frac{\sin\beta}{\cos\beta} \, d(\cos^3\beta) = -\tfrac{3}{2} i i' \, d s' \sin^2\beta \cos\beta \, d\beta,$$

dont l'intégrale entre les limites β'' et β' est

$$-\tfrac{1}{2}ii'\,ds'\,[\sin^3\beta''-\sin^3\beta'].$$

En remplaçant ds' par les valeurs de cette différentielle trouvées plus haut, et en intégrant de nouveau, on a entre les limites déterminées par les deux extrémités du conducteur rectiligne,

$$\tfrac{1}{2}ii'\,[a''\,(\cos\beta_{\prime\prime}{}''-\cos\beta_{\prime}{}'')-a'\,(\cos\beta_{\prime\prime}{}'-\cos\beta_{\prime}{}')].$$

Si l'on suppose que ce conducteur s'étende indéfiniment dans les deux sens, il faudra donner à $\beta_{\prime}{}'$, $\beta_{\prime}{}''$, $\beta_{\prime\prime}{}'$, $\beta_{\prime\prime}{}''$, les valeurs que nous leur avons déjà assignées dans ce cas, et on aura

$$-ii'\,(a''-a')$$

pour la valeur du moment de rotation qui sera par conséquent proportionnel à la longueur $a''-a'$ du conducteur mobile, et ne changera point tant que cette longueur restera la même, quelles que soient d'ailleurs les distances des extrémités de ce dernier conducteur à celui qui est considéré comme fixe.

Il est aisé de voir que cette valeur est celle du moment de rotation que le conducteur fixe imprime à la portion d'un autre conducteur rectiligne située sur une droite qui coupe à angles droits la direction du premier, pour la faire tourner autour du point d'intersection des directions des deux conducteurs. Si l'on abaisse, du sommet de l'angle droit formé, à leur intersection, par les directions des deux courans, des perpendiculaires sur les quatre droites qui joignent deux à deux les extrémités de ces courans, et si l'on représente ces perpendiculaires par $p_{\prime}{}'$, $p_{\prime}{}''$, $p_{\prime\prime}{}'$, $p_{\prime\prime}{}''$, on aura

$$p_{\prime}' = \pm a' \cos \beta_{\prime}', \; p_{\prime}'' = \pm a'' \cos \beta_{\prime}'', \; p_{\prime\prime}' = \pm a' \cos \beta_{\prime}'',$$
$$p_{\prime\prime}'' = \pm a'' \cos \beta_{\prime\prime}'',$$

suivant que le courant du conducteur, qu'on a considéré comme fixe, va en s'approchant ou en s'éloignant du point où la direction de ce conducteur rencontre celle de l'autre, et la valeur du moment de rotation, avec lequel il tend à faire tourner autour de ce point le conducteur mobile, devient par conséquent

$$\pm \tfrac{1}{2} i i' (p_{\prime\prime}'' - p_{\prime}'' - p_{\prime\prime}' + p_{\prime}'),$$

c'est-à-dire, précisément la même que s'il était produit par quatre forces égales à $\frac{1}{2} i i'$, dont deux seraient attractives et dirigées suivant les droites qui joignent les extrémités de même nom des deux conducteurs, et les deux autres répulsives et agissant suivant les droites qui joignent les extrémités de noms différens des mêmes conducteurs.

Si les courans s'étendent jusqu'au point d'intersection des directions des deux conducteurs, trois de ces quatre perpendiculaires seront nulles, et le moment de rotation sera simplement proportionnel à la hauteur du triangle rectangle dont ces deux conducteurs seront les côtés, en sorte que si l'on suppose que leurs longueurs deviennent plus grandes ou plus petites dans un même rapport, le moment de rotation augmentera ou diminuera aussi dans ce même rapport.

Le résultat que nous venons d'obtenir n'est qu'un cas particulier de la valeur générale du moment de rotation qui résulte de l'action mutuelle de deux conducteurs rectilignes $L'L''$, $L_{\prime}L_{\prime\prime}$ (fig. 4), situés dans un même plan, pour se faire tourner mutuellement autour du

point d'intersection O de leurs directions : afin de calculer plus facilement la valeur de ce moment, que nous désignerons par M, nous mettrons celle de l'action mutuelle des deux élémens $\mathrm{d}s$, $\mathrm{d}s'$ sous cette forme

$$\tfrac{1}{2} ii' \frac{\mathrm{d}s'}{\cos\beta} \mathrm{d}\left(\frac{\cos^2\beta}{r}\right),$$

qui résulte immédiatement de ce que la composante de cette action, dans le sens de l'élément $\mathrm{d}s'$, devient

$$\tfrac{1}{2} ii' \mathrm{d}s' \mathrm{d}\left(\frac{\cos^2\beta}{r}\right),$$

comme nous venons de le voir, quand on y fait $k = -\frac{1}{2}$ et $n = 2$.

En prenant le point d'intersection des directions des deux conducteurs pour l'origine des distances $OM = s$, $OM' = s'$, nous aurons $s' \sin\beta$ pour la perpendiculaire OP abaissée de ce point sur la droite qui joint les milieux des deux élémens, et pour la valeur du moment élémentaire de rotation,

$$\frac{\mathrm{d}^2 M}{\mathrm{d}s\,\mathrm{d}s'} \mathrm{d}s\,\mathrm{d}s' = \tfrac{1}{2} ii' s' \mathrm{d}s' \operatorname{tang}\beta\, \mathrm{d}\left(\frac{\cos^2\beta}{r}\right),$$

d'où l'on conclut, en intégrant par partie,

$$\frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}s'} \mathrm{d}s' = \tfrac{1}{2} ii' s' \mathrm{d}s' \left(\frac{\sin\beta\cos\beta}{r} - \int \frac{\mathrm{d}\beta}{r}\right).$$

Mais d'après la manière dont les angles ont été pris dans le calcul de la formule qui représente l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs voltaïques, l'angle β est extérieur au triangle OMM'; et en nommant ε l'angle MOM' compris entre les directions des deux courans, le troisième angle OMM', égal à α, le sera aussi à $\beta - \varepsilon$, ce qui donne

$$r = \frac{s' \sin \varepsilon}{\sin(\beta - \varepsilon)},$$

on a donc

$$\frac{dM}{ds'} ds' = \tfrac{1}{2} ii' \frac{ds'}{\sin \varepsilon} [\cos\beta \sin\beta \sin(\beta - \varepsilon) + \cos(\beta - \varepsilon) + C].$$

En remplaçant dans cette valeur $\cos(\beta - \varepsilon)$ par

$$\cos^2 \beta \cos(\beta - \varepsilon) + \sin^2 \beta \cos(\beta - \varepsilon),$$

on voit aisément qu'elle se réduit à

$$\frac{dM}{ds'} ds' = \tfrac{1}{2} ii' \frac{ds'}{\sin \varepsilon} [\cos\varepsilon \cos\beta + \sin^2\beta \cos(\beta - \varepsilon) + C],$$

qu'il faut prendre entre les limites β' et β''; on a ainsi la différence de deux fonctions de même forme, l'une de β'', l'autre de β', qu'il s'agit d'intégrer de nouveau pour avoir le moment de rotation cherché : il suffit de faire cette seconde intégration sur une seule de ces deux quantités : soit donc a'' la distance OL'' qui répond à β'', on aura

$$s' = \frac{a'' \sin(\beta'' - \varepsilon)}{\sin \beta''} = a'' \cos\varepsilon - a'' \sin\varepsilon \cot\beta'', \; ds' = \frac{a'' \sin\varepsilon \, d\beta''}{\sin^2 \beta''};$$

et la quantité que nous nous proposons d'abord d'intégrer sera

$$\tfrac{1}{2} a'' ii' \left\{ \frac{\cos\varepsilon \cos\beta'' \, d\beta''}{\sin^2 \beta''} + \cos(\beta'' - \varepsilon) \, d\beta \right\},$$

dont l'intégrale prise entre les limites $\beta''_{,}$ et $\beta''_{,,}$ est

$$\tfrac{1}{2} a'' ii' \left\{ \sin(\beta_{,,}'' - \varepsilon) - \sin(\beta_{,}'' - \varepsilon) - \frac{\cos\varepsilon}{\sin \beta_{,,}''} + \frac{\cos\varepsilon}{\sin \beta_{,}''} \right\}.$$

En désignant par $p_{,,}''$ et $p_{,,}'$, les perpendiculaires abaissées du point O sur les distances $L'' L_{,,} = r_{,,}''$, $L'' L_{,} = r_{,}''$, on a évidemment

$$a''\sin(\beta_{\prime\prime}''-\varepsilon)=p_{\prime\prime}'',\ a''\sin\beta_{\prime}''=p_{\prime}'',\ \frac{a''}{\sin\beta_{\prime\prime}''}=\frac{r_{\prime\prime}''}{\sin\varepsilon},\ \frac{a''}{\sin\beta_{\prime}''}=\frac{r_{\prime}''}{\sin\varepsilon},$$

et l'intégrale précédente devient

$$\tfrac{1}{2}ii'\left[p_{\prime\prime}''-p_{\prime}''-(r_{\prime\prime}''-r_{\prime}'')\cot\varepsilon\right].$$

Si l'on fait attention qu'en désignant la distance OL' par a', on a aussi

$$s'=\frac{a'\sin(\beta'-\varepsilon)}{\sin\beta'}=a'\cos\varepsilon-a'\sin\varepsilon\cot\beta',\ ds'=\frac{a'\sin\varepsilon}{\sin^2\beta'},$$

on voit aisément que l'intégrale de l'autre quantité se forme de celle que nous venons d'obtenir, en y changeant $p_{\prime\prime}''$, $p_{\prime}''$, $r_{\prime\prime}''$, $r_{\prime}''$ en $p_{\prime\prime}'$, $p_{\prime}'$, $r_{\prime\prime}'$, $r_{\prime}'$, ce qui donne, pour la valeur du moment de rotation qui est la différence des deux intégrales

$$\tfrac{1}{2}ii'\left[p_{\prime\prime}''-p_{\prime\prime}'-p_{\prime\prime}'+p_{\prime}'-(r_{\prime\prime}''-r_{\prime\prime}'-r_{\prime\prime}'+r_{\prime}')\cot\varepsilon\right].$$

Cette valeur se réduit à celle que nous avons trouvée plus haut, dans le cas où l'angle ε est droit, parce qu'alors $\cot\varepsilon=0$.

Si l'on suppose que les deux courans partent du point O, et que leurs longueurs OL'', $OL_{\prime\prime}$ (fig. 5) soient représentées respectivement par a et b, la perpendiculaire OP par p, et la distance $L''L_{\prime\prime}$ par r, on aura

$$\tfrac{1}{2}ii'\left[p+(a+b-r)\cot\varepsilon\right],$$

pour la valeur que prend, dans ce cas, le moment de rotation.

La quantité $a+b-r$, excès de la somme de deux côtés d'un triangle sur le troisième, est toujours positive, d'où il suit que le moment de rotation est plus grand que la valeur $\frac{1}{2}ii'p$ qu'il prend quand l'angle ε des deux conducteurs est droit, tant que $\cot\varepsilon$ est positif, c'est-à-dire, tant que cet angle est aigu ; mais il

devient plus petit quand le même angle est obtus, parce qu'alors cot ε est négatif. Il est évident d'ailleurs que sa valeur devient d'autant plus grande que l'angle ε est plus petit, et qu'elle croît à l'infini comme cot ε à mesure que ε s'approche de zéro ; mais il est bon de montrer qu'il reste toujours positif, quelque voisin que cet angle soit de deux droits.

Il suffit pour cela de faire attention qu'en nommant α l'angle du triangle $OL''L_{\prime\prime}$ compris entre les côtés a et r, et β celui qui l'est entre les côtés b et r, on a $\cot\varepsilon = -\cot(\alpha+\beta)$, $p = a\sin\alpha = b\sin\beta$, $r = a\cos\alpha + b\cos\beta$, et par conséquent

$$a+b-r = a(1-\cos\alpha) + b(1-\cos\beta)$$
$$= p\,\text{tang}\,\tfrac{1}{2}\alpha + p\,\text{tang}\,\tfrac{1}{2}\beta,$$

et

$$\tfrac{1}{2}ii'[p+(a+b-r)\cot\varepsilon] = \tfrac{1}{2}ii'p\left(1-\frac{\text{tang}\,\frac{1}{2}\alpha+\text{tang}\,\frac{1}{2}\beta}{\text{tang}\,(\alpha+\beta)}\right),$$

valeur qui reste toujours positive, quelque petits que soient les angles α et β, puisque tang $(\alpha+\beta)$, pour des angles inférieurs à $\frac{\pi}{4}$, est toujours plus grand que tang α + tang β, et à plus forte raison plus que tang $\frac{1}{2}\alpha$ + tang $\frac{1}{2}\beta$. Cette valeur tend évidemment vers la limite $\frac{1}{4}ii'p$ à mesure que les angles α et β s'approchent de zéro ; elle s'évanouit avec p quand ces angles deviennent nuls.

En partant de cette expression du moment de rotation résultant de l'action mutuelle de deux conducteurs rectilignes situés dans un même plan, autour du point d'intersection de leur direction, et du fait général, constaté de nouveau par l'expérience décrite au commencement de ce Mémoire, de la nullité d'action d'un

conducteur plié en arc de cercle sur une portion de circuit qui a ses deux extrémités dans la perpendiculaire élevée au centre de cet arc sur le plan où il est tracé, j'ai imaginé un instrument fondé sur le même principe que celui que j'ai présenté, il y a environ deux ans, à l'Académie des Sciences et décrit dans mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, p. 224 et suiv. : il est destiné de même à déterminer, par le nombre des oscillations d'un conducteur mobile, la valeur de l'action qu'exerce sur lui un conducteur fixe, mais qui n'a pas l'inconvénient que présentait le premier, de donner la mesure expérimentale de cette action dans un cas où l'on ne peut la déterminer, à l'aide de ma formule, que par des calculs extrêmement compliqués. Je me propose de publier bientôt la description de ce nouvel instrument.

Quand le point d'intersection des conducteurs OL'', $L_{\prime}L_{\prime\prime}$ (fig. 6) se trouve à l'une des extrémités du premier et au milieu du second, on obtient le moment de rotation résultant de l'action mutuelle de ces deux conducteurs en ajoutant ceux qui se rapportent à chacun des angles $L_{\prime}OL''$, $L_{\prime\prime}OL''$, dont les deux cotangentes sont égales et de signes contraires, en sorte qu'en désignant les distances $L_{\prime\prime}L''$ et $L_{\prime}L''$ par r et r', et les perpendiculaires OP, OP', par p et p', on a pour ce moment

$$\tfrac{1}{2}ii'[p+p'+(r'-r)\cot\varepsilon].$$

Supposons en outre que la longueur $OL''=a$ du conducteur qui a une de ses extrémités en O soit égale à la moitié $OL_{\prime}$ ou $OL_{\prime\prime}$ de l'autre, et nommons θ la moitié POL'' ou $POL_{\prime\prime}$ de l'angle $L_{\prime\prime}OL''=\varepsilon$, nous trouverons

$$p=a\cos\theta,\ p'=a\sin\theta,\ r=2a\sin\theta,\ r'=2a\cos\theta,$$

$$\cot \varepsilon = \frac{1 - \tan^2 \theta}{2 \tan \theta} = - \frac{1 - \cot^2 \theta}{2 \cot \theta} :$$

la valeur du moment de rotation est donc alors

$$\tfrac{1}{2} a i i' \left\{ \cos\theta - \sin\theta \frac{1 - \tan^2 \theta}{\tan \theta} + \sin\theta - \cos\theta \frac{1 - \cot^2 \theta}{\cot \theta} \right\},$$

ou

$$\tfrac{1}{2} a i i' [\cos\theta \tan^2\theta + \sin\theta \cot^2\theta] = \tfrac{1}{2} a i i' [\sin\theta \tan\theta + \cos\theta \cot\theta].$$

Il suffit de doubler cette expression, en supprimant le dénominateur 2, pour avoir celui qui est produit par l'action de deux conducteurs $L'L''$, $L_{/}L_{//}$ de même longueur, et dont les milieux sont au point O autour duquel l'un d'eux est supposé mobile.

Dans l'instrument dont j'ai parlé tout-à-l'heure, deux conducteurs rectilignes de même longueur sont mobiles autour de leurs milieux; de chacun de ces milieux, assez éloignés pour qu'il n'y ait pas entre les conducteurs d'action mutuelle sensible, partent deux autres conducteurs rectilignes, dont la longueur est moitié moindre; ceux-ci sont fixes et forment entre eux un angle qu'on peut faire varier à volonté; un même courant électrique traverse les six conducteurs de manière qu'il aille partout en sens contraires dans chaque conducteur fixe et dans la partie du conducteur mobile correspondant qui en est la plus voisine, afin que celui-ci s'arrête en équilibre stable dans la direction perpendiculaire à la droite qui divise en deux parties égales l'angle des deux conducteurs fixes dont il éprouve l'action. Comme c'est ce dernier angle qui est donné immédiatement sur l'arc gradué qui est attaché à l'un de ces conducteurs fixes, il est bon d'introduire sa moitié, que nous représen-

terons par η, au lieu de θ dans l'expression du moment de rotation

$$M = \tfrac{1}{2}\, a\, i\, i' \,(\sin\theta \tang\theta + \cos\theta \cot\theta)$$

que chaque conducteur fixe imprime au conducteur mobile sur lequel il agit, si l'on fait attention que

$$\sin^3\theta + \cos^3\theta = (\sin\theta + \cos\theta)(1 - \sin\theta\cos\theta),$$

et que

$$\theta = \tfrac{1}{2}\varepsilon = \tfrac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \eta\right)$$

donne

$$\sin\theta\cos\theta = \tfrac{1}{2}\sin\varepsilon = \tfrac{1}{2}\cos\eta \text{ et } \sin\theta + \cos\theta = \sqrt{2}\cos\tfrac{1}{2}\eta,$$

on aura

$$M = \frac{1}{\sqrt{2}}\, a\, i\, i' \cos\tfrac{1}{2}\eta \left(\frac{2}{\cos\eta} - 1\right).$$

Lorsqu'on écarte infiniment peu le conducteur mobile de la situation d'équilibre, l'angle θ devient $\theta + d\theta$ relativement à l'un des conducteurs fixes, et $\theta - d\theta$ relativement à l'autre, en sorte que la différence des deux momens, qui était nulle dans cette situation, devient, après le déplacement,

$$2\frac{dM}{d\theta}d\theta = -a\,i\,i'(\cos\theta - \sin\theta)\left(\frac{1}{\sin^2\theta\cos^2\theta} + \frac{1}{\sin\theta\cos\theta} + 1\right)d\theta.$$

Cette valeur est toujours négative quand on prend, comme nous le supposons ici, l'angle ε double de θ du côté où cet angle est aigu, et par conséquent d'après la direction opposée des courans électriques dans les deux côtés de cet angle qui exige que le moment M tende à l'augmenter, le moment $2\frac{dM}{d\theta}d\theta$ tendra à le diminuer du côté où $d\theta$ est positif, et à l'augmenter du côté

où la même différentielle est négative, c'est-à-dire, à ramener le conducteur mobile à la position d'équilibre, ce qu'il était d'ailleurs aisé de voir *à priori*.

En introduisant, dans la valeur que nous venons d'obtenir, l'angle η, au lieu de θ, on trouve

$$2\frac{dM}{d\theta}d\theta = -aii'\sqrt{2}\sin\tfrac{1}{2}\eta\left(\frac{4}{\cos^2\eta}+\frac{2}{\cos\eta}+1\right)d\theta.$$

C'est ce moment qu'il faut mesurer, soit par la torsion d'un fil, soit par le nombre des oscillations que font les deux conducteurs mobiles, dans un temps donné, au moyen d'observations faites simultanément (1) sur ces conducteurs, lorsqu'on veut vérifier les résultats déduits de ma formule en les comparant à ceux de l'expérience.

J'ai aussi imaginé un autre appareil qui peut servir aux mêmes vérifications en calculant et en mesurant ensuite les angles qu'un conducteur rectiligne, mobile autour de son milieu, forme, dans la situation d'équilibre, avec deux conducteurs fixes dont les directions passent par ce milieu, et dont l'un est parcouru plusieurs fois par le courant électrique qui ne traverse l'autre qu'une seule fois. On a ainsi le rapport qui doit exister entre les momens de rotation, et l'on vérifie aisément si la valeur de ces momens, calculée d'après ma formule, est d'accord avec l'expérience.

---

(1) On évite ainsi complètement les inexactitudes produites par les variations de l'énergie de la pile qui altèrent nécessairement les résultats déduits des expériences, quand on compare entre elles des mesures déterminées par des observations faites successivement. On peut aussi mesurer directement le moment M par la torsion d'un fil.

Si le conducteur dont la longueur a été désignée par b s'étendait à l'infini, l'autre ayant toujours pour longueur $2a$ et son milieu situé sur la direction du premier, on aurait

$$p = p' = a \sin \varepsilon, \; r' - r = 2a \cos \varepsilon,$$

et la valeur du moment de rotation

$$\tfrac{1}{2} a i i' [p + p' + (r' - r) \cot \varepsilon]$$

deviendrait

$$a i i' \left[\sin \varepsilon + \frac{\cos^2 \varepsilon}{\sin \varepsilon}\right] = \frac{a i i'}{\sin \varepsilon}.$$

Lorsque le conducteur fixe est indéfini dans les deux sens, il faut doubler cette valeur, et l'on a

$$\frac{2 a i i'}{\sin \varepsilon}$$

pour le moment de rotation qu'il imprime au conducteur mobile $2a$; ce moment est donc réciproquement proportionnel au sinus de l'angle ε formé par les directions des deux conducteurs.

L'expression

$$\tfrac{1}{2} i i' \mathrm{d}s' \left(\frac{\sin \beta \cos \beta}{r} - \int \frac{\mathrm{d}\beta}{r}\right),$$

que j'ai donnée en 1822 dans mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, page 331, pour la valeur de la composante perpendiculaire à l'élément $\mathrm{d}s'$, peut servir à calculer très-facilement l'action mutuelle de deux conducteurs parallèles; car, en nommant a la distance de ces deux conducteurs, on a d'abord

$$r = \frac{a}{\sin \beta},$$

ce qui donne, pour la valeur de l'intégrale précédente entre les limites β', β'',

$$\tfrac{1}{2} ii' \frac{ds'}{a} (\cos\beta'' \sin^2\beta'' + \cos\beta'' - \cos\beta' \sin^2\beta' - \cos\beta'),$$

ensuite à chaque limite, en y représentant les valeurs de s par b' et b'',

$$s' = b'' - a\cot\beta'' = b' - a\cot\beta',\ ds' = \frac{a\,d\beta''}{\sin^2\beta''} = \frac{a\,d\beta'}{\sin^2\beta'}.$$

En substituant ces valeurs et intégrant de nouveau entre les limites $\beta_{,}'$, $\beta_{,,}'$ et $\beta_{,}''$, $\beta_{,,}''$, on a, pour la valeur de la force cherchée,

$$\tfrac{1}{2} ii' \left(\sin\beta_{,,}'' - \sin\beta_{,}'' - \sin\beta_{,,}' + \sin\beta_{,}' \right.$$

$$\left. - \frac{1}{\sin\beta_{,,}''} + \frac{1}{\sin\beta_{,}''} + \frac{1}{\sin\beta_{,,}'} - \frac{1}{\sin\beta_{,}'} \right),$$

ou

$$\tfrac{1}{2} ii' \left(\frac{a}{r_{,,}''} - \frac{a}{r_{,}''} - \frac{a}{r_{,,}'} + \frac{a}{r_{,}'} + \frac{r_{,}'' + r_{,,}' - r_{,,}'' - r_{,}'}{a} \right).$$

Si les deux conducteurs sont de même longueur et perpendiculaires aux droites qui en joignent deux à deux les extrémités d'un même côté, on a

$$r_{,}' = r_{,,}'' = a, \text{ et } r_{,,}' = r_{,}'' = c.$$

En nommant c la diagonale du rectangle formé par ces deux droites et les directions des deux courans, l'expression précédente devient alors

$$ii' \left(\frac{c}{a} - \frac{a}{c} \right) = \frac{ii'l^2}{ac}.$$

En nommant l la longueur des conducteurs, et quand

ce rectangle devient un carré, on a $\frac{ii'}{\sqrt{2}}$ pour la valeur de la force; enfin, si l'on suppose l'un des conducteurs indéfini dans les deux sens, et que l soit la longueur de l'autre, les termes où $r_{,}'$, $r_{,,}'$, $r_{,}''$, $r_{,,}''$ se trouvent au dénominateur disparaîtront, on aura

$$r_{,,}'+r_{,}''-r_{,,}''-r_{,}'=2l,$$

et l'expression de la force deviendra

$$\frac{ii'l}{a},$$

qui se réduit à ii' quand la longueur l est égale à la distance a.

(*La suite au Cahier prochain.*)

NOUVELLES RECHERCHES *sur les Vibrations de l'air.*

PAR Mr FÉLIX SAVART.

IL résulte des recherches de Bernouilly sur les vibrations de l'air, d'abord, que les nombres des oscillations des colonnes d'air qui résonnent dans des tuyaux ouverts aux deux bouts, ou fermés à un bout et ouverts à l'autre, sont réciproques à la longueur même de ces colonnes, pourvu toutefois que l'ébranlement ait lieu à plein orifice; ensuite que, quand l'ébranlement est partiel, la partie vibrante contiguë à l'embouchure subit un raccourcissement qui fait baisser le son, et qui est d'autant plus considérable que le diamètre de la colonne d'air est plus grand relativement à sa longueur.

Ces résultats sont parfaitement confirmés par l'expérience, même pour des tuyaux beaucoup plus gros que

ceux dont Bernouilly a fait usage. Je les ai vérifiés, par exemple, avec un tuyau prismatique carré d'un pied de longueur et de trois pouces de côté, dans lequel se mouvait un piston. Ce tuyau, lorsqu'il était dans toute sa longueur et bouché, faisait entendre le son *sol*$_2$; son premier harmonique ou le son 2 était *re*$_4$, dont l'onde doit avoir 128 lig. de longueur ; par conséquent le plan nodal devait être à 16 lig. du fond du tuyau : c'est aussi en ce point qu'on le trouvait au moyen du piston.

Ce qu'il importe donc de déterminer maintenant, ce sont les lois auxquelles les colonnes d'air sont soumises lorsqu'elles ne sont pas ébranlées à plein orifice ; car il est à noter que dans la construction des instrumens à vent, et particulièrement dans celle des tuyaux d'orgues, on ne peut faire aucun usage des résultats obtenus par Bernouilly, attendu que, par l'insufflation, on ne peut pas ébranler une colonne d'air à plein orifice, et que ce genre d'ébranlement n'a lieu que pour les parties vibrantes éloignées de l'embouchure ; de sorte qu'on ne peut pas déterminer, *à priori*, les dimensions d'une colonne d'air pour qu'elle rende tel ou tel son donné. Jusqu'ici les facteurs d'orgues n'ont pu arriver à ce résultat que par tâtonnement.

§ 1er. S'il était possible d'ébranler, par l'un des points de son contour, une lame d'air plane et infiniment mince, ce serait sans doute un des cas d'ébranlement partiel les plus simples qu'on pourrait examiner : or, nous allons voir qu'on peut facilement atteindre ce but ou au moins son équivalent, lorsqu'on connaît la disposition des parties vibrantes d'une colonne d'air renfermée dans un tuyau prismatique carré, fermé à un bout

et embouché par l'autre dans toute l'étendue de l'un des côtés de sa base.

Remarquons d'abord que quand un corps qui résonne présente deux ou plusieurs parties vibrantes, chacune de ces parties rend isolément le même son que le corps entier, et qu'en conséquence, si l'on pouvait retrancher une portion notable de l'air contenu dans un tuyau bouché, sans que le son en fût altéré en rien, il faudrait en conclure que la portion restante serait une partie vibrante séparée de la masse entière par une surface nodale, dont la forme serait déterminée par celle que la masse d'air aurait après ce retranchement : or, l'expérience montre que l'on peut opérer de pareils retranchemens sur l'air contenu dans des tuyaux prismatiques carrés, qui rendent leur son fondamental, et elle fait voir que le volume du fluide se trouve alors réduit de beaucoup, et qu'il a la forme d'un cylindre dont la base approche plus d'une ellipse que de toute autre forme, et dont l'axe est parallèle à l'embouchure du tuyau.

On peut se convaincre de l'exactitude de cette assertion en introduisant dans un tuyau des lames de carton disposées de manière à réduire le volume de l'air à la forme que nous venons d'indiquer : le son n'est nullement changé par cette diminution de volume.

Il paraît donc, d'après cela, que cette portion cylindrique d'air est séparée du reste de la masse par des surfaces nodales, analogues à celles qui existent dans les corps solides, et au-delà desquelles le mouvement doit reprendre son énergie. Et en effet, si l'on construit un tuyau avec des lames de verre, afin de pouvoir dis-

cerner ce qui se passe dans son intérieur, et qu'on y promène une petite membrane tendue et recouverte de sable, on en voit les grains s'agiter, lorsque la membrane est au-delà de ces surfaces, presqu'avec la même force que quand elle est en deçà, c'est-à-dire, dans la partie qui à elle seule rend le même son que la masse entière du fluide.

Cette forme de surface nodale paraît commune à toutes les masses d'air prismatiques carrées, animées du mode de mouvement le plus simple : on la découvre très-facilement dans les tuyaux cubiques ; la portion vibrante principale y forme aussi une espèce de cylindre dont les bases sont presque elliptiques, et qui sont appuyées sur les parois du tuyau qui sont contiguës et perpendiculaires à la ligne de l'embouchure. Le petit axe de cette sorte d'ellipse égale en longueur la moitié d'une des diagonales de la paroi du cube, tandis que son grand axe égale et occupe l'autre diagonale, celle qui vient aboutir à l'embouchure. Dans les tuyaux dont la hauteur est beaucoup plus considérable que le côté de la base, l'ellipse s'allonge, son grand axe égale toujours la longueur de la diagonale qui passe par l'embouchure ; mais son petit axe diminue beaucoup, et dans les tuyaux très-minces il égalerait sensiblement le petit côté du tuyau.

Il résulte de cette disposition de surface nodale que si l'on divisait la masse d'air contenue dans un tuyau prismatique carré en des lames très-minces, suivant des plans perpendiculaires à la ligne de l'embouchure, chacune de ces lames serait animée du même mode de mouvement que la masse tout entière, et rendrait par

conséquent le même son. Aussi, si l'on place dans un tuyau prismatique carré une cloison solide et plane, dirigée perpendiculairement à la ligne de l'embouchure, quelle que soit l'épaisseur des deux lames d'air qu'on forme ainsi, elles rendent chacune le même son que la masse entière du fluide; de sorte que des tuyaux prismatiques carrés peuvent être diminués indéfiniment d'épaisseur par le rapprochement de leurs parois latérales sans que le son varie de la plus petite quantité quant à son degré d'unité ou de gravité. De même que ces parois peuvent être éloignées indéfiniment sans que le son change, pourvu que l'étendue de l'embouchure augmente en même temps. Les phénomènes qui se passent dans un tuyau prismatique carré, embouché dans toute la longueur de l'un des côtés de sa base, sont donc les mêmes que ceux qui se passeraient dans une lame d'air rectangulaire, infiniment mince et ébranlée par un de ses angles.

Pour qu'une pareille lame rende un son déterminé, il faudra qu'elle ait une étendue invariable, et l'on ne pourra changer ni sa longueur ni sa largeur sans que le son en soit altéré. Si l'on augmente l'une ou l'autre de ces dimensions ou si on les augmente toutes deux en même temps, le son baisse : c'est le contraire si on les diminue. Mais ce qui est très-remarquable, c'est que si la longueur et la largeur de la lame d'air varient en même temps et dans les rapports convenables pour que sa surface reste toujours la même, elle sera encore susceptible de produire le même nombre de vibrations, tant que sa largeur sera plus considérable que la sixième partie de sa longueur. Au-delà de cette limite, la surface

demeurant la même, le son baisse d'autant plus que la longueur augmente davantage.

Lorsqu'on compare une série de lames de même surface et qui rendent un même son, à une série d'autres lames également de même surface entre elles, mais qui rendent un autre son, on trouve que les nombres de vibrations qu'elles exécutent sont sensiblement réciproques à la racine carrée de ces mêmes surfaces. Par exemple, toutes les lames d'air rectangulaires de 1296 lig. de surface, dont la racine carrée est 36, rendent le son sol^{b}_{3}, et le son sol^{b}_{2} est donné par toutes les lames d'air qui ont 5184 lig. de surface, dont la racine carrée est 72.

Ainsi, pour tous les tuyaux prismatiques carrés dont le petit côté n'est pas moindre que le sixième du grand, on peut dire que les nombres de vibration sont réciproques à la racine carrée de la surface de l'une des lames d'air perpendiculaire à la ligne de l'embouchure, bien entendu quand l'embouchure embrasse tout un côté de la base du prisme d'air. Ce résultat est le même pour les tuyaux ouverts que pour ceux qui sont bouchés.

Néanmoins, comme rien ne se fait par saut dans la nature, il est bon de remarquer que cette loi, que l'expérience confirme très-bien dans les limites que nous venons d'indiquer, ne doit cependant être considérée que comme une approximation, attendu qu'elle n'est évidemment qu'une partie d'une loi plus générale qui embrasserait toutes les lames d'air rectangulaires. En effet, elle est liée intimement avec la loi des nombres de vibrations réciproques à la longueur seule, et l'on

passe graduellement de l'une à l'autre; car, à mesure que la largeur des lames d'air devient plus petite relativement à leur longueur, l'influence de l'ébranlement partiel diminue aussi; et quand cette largeur devient moindre que le douzième de la longueur, cette influence est presqu'insensible; en conséquence on peut dire que les nombres de vibrations sont alors sensiblement réciproques à la longueur seule, quoique cela ne soit rigoureusement vrai que quand la largeur est nulle.

Il résulte de ce qui précède que le même son peut être donné par une infinité de lames d'air rectangulaires de dimensions diverses, et que l'on peut passer graduellement d'une lame carrée à d'autres lames plus allongées, d'abord de même surface, et ensuite diminuant graduellement d'étendue jusqu'à ce que la largeur étant arrivée à zéro, la longueur soit égale à celle que la théorie indique pour une colonne d'air ébranlée à plein orifice et rendant le même son.

Maintenant si l'on recherche l'influence que peuvent avoir sur le nombre de vibrations la direction du courant d'air et celle du biseau contre lequel ce courant va se briser, on trouve qu'elle est tout-à-fait nulle. Par exemple, si l'on prend la base même d'un tuyau prismatique carré pour en faire le biseau, et que le porte-vent soit dans le même plan que cette base, c'est-à-dire, dirigé perpendiculairement aux longues faces de la colonne d'air, le son est exactement le même que quand le tuyau est embouché à l'ordinaire. Et l'on obtient encore le même résultat lorsque, par une disposition convenable d'appareil, on fait en sorte que le porte-vent et son biseau puissent former toute sorte d'angles avec les faces

de la colonne fluide, en tournant autour de l'arête qui résulte de l'intersection de l'une des longues faces du tuyau avec celle qui en forme la base.

Ainsi, d'après cette analyse expérimentale, les phénomènes qui se passent dans un tuyau prismatique carré peuvent être réduits à la considération de ce qu'on observerait dans une lame d'air infiniment mince et rectangulaire, dont un des angles serait un centre d'ébranlement d'où émaneraient des ondes sonores qui se propageraient à la manière ordinaire du son, et qui seraient ensuite réfléchies par les parois résistantes qui forment le contour de la lame. Il faut donc, d'après cela, que l'embouchure produise l'effet de ce centre d'ébranlement, et par conséquent que, séparée de son tuyau, elle rende le même son qu'il fait entendre : c'est aussi ce qui arrive.

Pour vérifier ce fait, il faut avoir un tuyau d'orgues construit de telle sorte que la paroi qui porte l'embouchure soit mobile et puisse s'enlever avec le porte-vent; conditions faciles à remplir. Je suppose que la paroi mobile soit d'abord en place, qu'on note le son produit, qu'ensuite on éloigne graduellement la paroi avec son embouchure, on observe que le son subsiste encore; il ne change pas quant à son degré d'acuité ou de gravité, pourvu que la vitesse du courant d'air demeure la même; il devient seulement beaucoup plus faible. Si l'on fait varier la vitesse dont le courant d'air est animé, on obtient d'autres sons du même genre, plus aigus quand la vitesse est plus grande, plus graves quand elle est moindre. Le nombre de ces sons est fort considérable; ils passent du grave à l'aigu, et réciproquement,

par une suite de nuances insensibles. Lorsqu'on adapte successivement à une même embouchure des tuyaux plus ou moins longs, plus ou moins gros, on obtient toujours le même résultat, c'est-à-dire que l'embouchure seule fait entendre le même son qu'un tuyau quelconque auquel elle se trouve réunie. Si l'on se borne à considérer les sons les plus purs que des embouchures ainsi isolées puissent faire entendre, on trouve qu'ils ne sont pas les mêmes pour toutes; que quand la distance du biseau à la lumière est plus considérable, toutes choses égales d'ailleurs, les sons sont plus graves; que la substance dont le biseau est formé a aussi une influence notable, ainsi que la longueur de son tranchant, etc.; mais je n'ai pas encore eu le loisir d'examiner en détail ces diverses particularités.

Les masses d'air prismatiques carrées ne sont pas les seules qu'on puisse considérer comme composées d'une infinité de lames minces animées du même mode de mouvement : on conçoit sans peine qu'il en serait de même, par exemple, pour un cylindre d'air qui serait ébranlé dans toute la longueur de l'une de ses arêtes, ainsi que pour des tuyaux prismatiques carrés dont l'embouchure, parallèle à l'un des côtés de la base, serait placée à tel ou tel point de la longueur de l'une des longues faces, etc. En un mot, ce genre de considérations sera applicable à toutes les masses d'air susceptibles d'être divisées par couches de même étendue et de même contour, ébranlées exactement de la même manière.

§ 2. Si tous les cas de cette espèce présentent un certain degré de simplicité, il n'en est plus de même lors-

que toutes les lames d'air perpendiculaires à la ligne de l'embouchure n'ont ni même surface ni même forme, et qu'elles ne sont pas toutes ébranlées directement. Par exemple, si l'on prend un tuyau prismatique carré, embouché dans toute l'étendue de l'un des côtés de sa base, qu'on note le son produit, et qu'on diminue ensuite graduellement la longueur de l'embouchure, on remarque que le son devient de plus en plus grave, et qu'on peut le faire baisser ainsi très-facilement d'une sixte et même d'une septième, surtout dans les tuyaux qui approchent d'être cubiques; de sorte qu'il paraîtrait que, si l'on pouvait ébranler une masse cubique d'air simplement par un de ses angles, elle rendrait un son qui serait d'une octave plus grave que si elle était ébranlée dans toute l'étendue de l'un de ses côtés. Il est évident que, dans les cas de cette espèce, on ne peut pas réduire les phénomènes à ce qui se passerait dans une lame d'air infiniment mince, ébranlée en un point donné de son contour, et qu'il faudrait déterminer la nature du mouvement dans la masse entière du fluide. On peut faire la même observation pour des masses d'air de beaucoup d'autres formes, par exemple, pour l'air contenu dans des tuyaux sphériques embouchés dans une partie plus ou moins étendue de la circonférence de l'un de leurs grands cercles; de même pour des masses d'air prismatiques carrées, ébranlées à l'intersection des diagonales de l'une de leurs faces, etc. On voit donc que le nombre des cas de cette espèce est infini, et qu'il ne faut pas espérer de déterminer par l'expérience les lois auxquelles chaque cas particulier se trouve soumis.

Mais quelle que soit l'influence exercée par la lon-

gueur de la bouche d'un tuyau, quelle que soit aussi l'influence produite par la distance qui existe entre la bouche et les diverses parois solides qui limitent la colonne d'air, il est évident que si l'on pouvait rendre l'action de ces deux causes relativement la même dans divers tuyaux, on aurait réduit l'étude du phénomène à un grand degré de simplicité : or, on peut facilement arriver à ce résultat en se bornant à étudier les lois auxquelles sont assujetties les colonnes d'air qui résonnent dans des tuyaux de forme semblable, tels que des cubes, des sphères, etc.

Par exemple, si l'on construit des tuyaux cubiques, embouchés à la manière ordinaire des tuyaux d'orgues, l'une des faces du cube servant de biseau, on trouve que les nombres de vibrations sont réciproques aux dimensions linéaires des masses d'air qui y sont contenues. Cette loi se vérifie entre des limites fort éloignées : j'en ai constaté l'exactitude pour un très-grand nombre de sons, tels que ut_3, ut_4, ut_5 et ut_6, ainsi que toute l'octave comprise entre ut_4 et ut_5; j'en ai fréquemment fait usage pendant la durée de mes recherches, je ne l'ai jamais trouvée en défaut.

Ce résultat obtenu, il était naturel de rechercher si des tuyaux prismatiques quelconques à base carrée, dont les dimensions croîtraient ou décroîtraient proportionnellement, présenteraient les mêmes phénomènes que les cubes, dans le cas toutefois où l'étendue de l'embouchure, l'ouverture de la lumière, en un mot, où toutes les circonstances influentes conserveraient entre elles les mêmes rapports que les dimensions des tuyaux. L'expérience ayant été faite sur un grand nombre de tuyaux

bouchés, très-éloignés les uns des autres par leurs dimensions, les nombres de vibrations se sont constamment trouvés réciproques aux dimensions linéaires des masses d'air; de sorte que si l'on prend, par exemple, un tuyau prismatique carré d'un pied de longueur et de trois pouces de côté, qui rende un certain son, l'octave aiguë de ce son sera donnée par un tuyau de six pouces de longueur et de dix-huit lignes de côté.

J'ai tenté les mêmes expériences sur des tuyaux sphériques dont la bouche comprenait toujours un même nombre de degrés, sur des tuyaux cylindriques et sur des tuyaux prismatiques dont la base était un triangle équilatéral, ainsi que sur des tuyaux cubiques et prismatiques carrés, embouchés d'un grand nombre de manières différentes, par exemple, en plaçant l'embouchure à divers points de la longueur des tuyaux : la même loi s'est toujours présentée avec la plus grande exactitude. Elle se soutient dans toutes les circonstances que l'expérience peut atteindre, pour les tuyaux d'un très-petit diamètre relativement à leur longueur, de même que pour ceux d'un diamètre très-considérable.

Cette loi est encore applicable aux masses d'air ébranlées par communication, ainsi qu'on peut le vérifier facilement en faisant résonner des timbres à l'orifice de différens tuyaux ouverts à un bout et fermés à l'autre avec un piston mobile, ce qui permet de chercher par tâtonnement le point où le renforcement est le plus intense. D'ailleurs, on pouvait facilement prévoir ce résultat, puisque c'est un fait général, que si l'on fait vibrer à l'orifice d'un tuyau d'orgues un corps solide (comme une lame de verre ou de métal), la colonne d'air con-

tenue dans le tuyau résonne comme si on l'eût ébranlée faiblement par l'insufflation.

Enfin, on observe cette loi non-seulement pour les tuyaux bouchés à un bout et ouverts à l'autre; mais elle se vérifie également pour les tuyaux de forme semblable ouverts aux deux bouts.

Ainsi l'on peut conclure de ces observations cette loi générale : lorsque des masses d'air sont renfermées dans des tuyaux de forme semblable, les nombres de vibrations qu'elles exécutent sont entre eux réciproquement proportionnels aux dimensions linéaires de ces masses d'air.

§ 3. Nous avons vu précédemment qu'il y avait une infinité de lames d'air, de même surface et rectangulaires, qui pouvaient rendre le même son, pourvu que le petit côté du rectangle ne fût pas moindre que le sixième du grand : aussi, quoique ces lames d'air soient dissemblables, les phénomènes qui s'y passent peuvent être considérés comme l'équivalent de ceux qui s'y produiraient si elles étaient toutes de même forme, par exemple, carrées : en conséquence, si l'on diminuait l'embouchure proportionnellement dans une série de tuyaux prismatiques carrés qui rendent le même son, ils devraient encore être à l'unisson après ce changement, quoique rendant tous un autre son. En effet, s'ils étaient de même forme et de même dimension, et qu'on diminuât leurs embouchures proportionnellement, je suppose de moitié, ils seraient encore à l'unisson, conformément à la loi des nombres de vibrations réciproques aux dimensions linéaires pour les tuyaux de forme semblable : or, comme les phénomènes qui s'y passent sont, quant

au nombre de vibrations, l'équivalent de ceux qu'on y observerait s'ils étaient de forme semblable, ils devraient encore être à l'unisson si l'on modifiait l'embouchure dans tous de la même manière relativement. C'est, en effet, le résultat que donne l'expérience. De sorte qu'il faut conclure de là que quand les longueurs des embouchures sont proportionnelles dans différens tuyaux prismatiques carrés, la loi des nombres de vibrations réciproques aux racines carrées des lames d'air perpendiculaires à la ligne de l'embouchure est encore vraie, tant que le petit côté du prisme n'est pas moindre que le sixième du grand.

Comme on pouvait le prévoir, cette loi n'est pas bornée aux tuyaux prismatiques carrés, elle s'étend à tous ceux dans lesquels les lames d'air perpendiculaires à l'embouchure sont des rectangles : ainsi elle est applicable, par exemple, aux tuyaux cylindriques et à ceux dont la base est triangulaire. Il est inutile de remarquer qu'on ne peut rien conclure d'une forme à une autre, qu'on ne peut pas comparer, par exemple, un tuyau prismatique carré à un tuyau cylindrique, et qu'il faut aussi que les embouchures, d'ailleurs proportionnelles, comme nous venons de le dire, soient placées à des points correspondans de la longueur de chaque tuyau; car le nombre de vibrations est considérablement influencé selon que le lieu de l'ébranlement est à tel ou tel point de la longueur de la colonne d'air; et pour des colonnes d'air d'une même longueur, mais de grosseur différente, les changemens qui surviennent ne sont pas les mêmes quand l'embouchure est placée à un même point de la longueur : c'est ce qu'on peut vérifier avec

des tuyaux prismatiques carrés bouchés aux deux bouts, et dont l'une des parois soit mobile et porte une embouchure qu'on puisse faire glisser le long du tuyau. On trouve que, pour les prismes d'air qui sont presque cubiques, le son monte à-peu-près d'un ton lorsque l'embouchure passe de l'extrémité du prisme vers le milieu de sa longueur ; qu'il monte d'une tierce, d'une quarte, d'une quinte, etc., dans les mêmes circonstances, à mesure que le petit côté du prisme devient moindre relativement au grand, etc. ; mais les lois de ces phénomènes sont encore à chercher.

En résumant tout ce qui précède, on voit, premièrement, que, dans tous les cas d'ébranlement partiel d'une masse d'air, les phénomènes qui se produisent dépendent de l'étendue de l'embouchure, de sa position, du volume du fluide, et de sa forme, sans que la direction primitive du courant d'air qui sert de moteur exerce une influence sensible ;

Deuxièmement, que les lois d'après lesquelles les nombres des vibrations sont réciproques aux dimensions linéaires pour les tuyaux de forme semblable, réciproques à la longueur seule pour les tuyaux très-minces ou ébranlés à plein orifice, réciproques à la racine carrée des surfaces vibrantes pour les masses d'air qui peuvent être décomposées en des lames minces semblablement ébranlées, ne sont que des parties d'une expression plus générale qui permettrait de déterminer, *à priori*, le nombre des vibrations d'une masse d'air et de dimensions quelconques, ébranlée d'une manière déterminée ;

Troisièmement, que l'embouchure peut être considérée comme le lieu du départ d'une infinité d'ondula-

tions aériennes qui se répandent dans le tuyau, d'abord comme elles le feraient dans l'air libre, et qui ensuite sont réfléchies un très-grand nombre de fois par les diverses parois résistantes, et dont les rencontres successives, dans certains points déterminés de leurs phases, donnent naissance à des surfaces nodales et à des parties vibrantes dont la configuration doit varier avec la forme et les dimensions des tuyaux, et pour un même tuyau avec l'étendue de l'embouchure et sa position; mais il faut noter que tous les sons que l'embouchure pourra donner ne seront pas également renforcés, et qu'il faudra, pour que l'intensité du son soit considérable, que les longueurs des ondes produites soient dans un certain rapport avec les dimensions du tuyau, condition qui paraît indispensable pour qu'il s'établisse une disposition régulière de parties vibrantes.

§ 4. Comme la confection des orgues a été jusqu'ici abandonnée à une routine aveugle, je crois ne pouvoir mieux terminer ces recherches qu'en indiquant quelques-unes des applications qu'il semble qu'on pourrait en faire pour perfectionner la construction des tuyaux de flûte, soit ouverts aux deux bouts, soit ouverts à un bout et fermés à l'autre. Ces remarques détachées seront d'ailleurs comme le complément de quelques-uns des articles qui précèdent.

a) Il n'est pas douteux qu'il y aurait beaucoup d'avantage à n'employer que des tuyaux de forme semblable dans les orgues, parce qu'une fois qu'on aurait trouvé les dimensions convenables pour qu'un tuyau parlât le mieux possible, il suffirait de faire les autres d'après cette loi que les nombres des vibrations sont réciproques aux

dimensions linéaires pour obtenir un bon résultat, attendu que tout étant proportionnel dans ces tuyaux, l'intensité du son, et les autres qualités, telles que l'éclat, la pureté et le timbre seraient entre elles dans les rapports les plus convenables. Il est bien connu que les jeux d'orgues ordinaires sont loin de présenter ce résultat, que les sons graves y sont tous trop faibles relativement aux sons aigus. En outre les tuyaux ordinaires se désaccordent avec la plus grande facilité, à l'occasion des variations de température, et surtout par le dérangement de leur fond qui est un piston mobile. Les tuyaux de forme semblable n'auraient pas cet inconvénient, puisque leurs dimensions peuvent être déterminées avec la dernière précision, et que de plus les rapports entre les nombres des vibrations qu'ils produisent ne peuvent pas être influencés par les variations de température, tout se passant d'une manière analogue et proportionnellement pour chacun d'eux.

b) Puisque la direction du porte-vent et celle du biseau n'ont aucune influence sur le son que donne un tuyau, la véritable longueur d'une colonne d'air en vibration n'est pas toujours la même que celle de la paroi qui porte le biseau ; il peut arriver qu'elle en diffère beaucoup. Par exemple, je suppose qu'on prenne un tuyau prismatique carré dans lequel se meuve un piston, la longueur de la colonne sera la distance du piston à la base du tuyau, tant que cette distance sera plus grande que le côté de la base du prisme d'air ; mais si elle devient moindre, la véritable longueur de la colonne d'air c'est le petit côté de la base même du prisme.

En général, quand on fait résonner de l'air dans un vase quelconque, la profondeur du vase doit être prise pour la longueur de la colonne d'air quand le diamètre est plus petit que la profondeur; quand il est plus grand, c'est sa propre longueur qui devient celle de la colonne d'air. Par exemple, si l'on pose une petite lame mince de bois ou de fer-blanc, ou même une lame de couteau sur l'orifice d'un vase à col étroit, comme une bouteille, une carafe, etc., et qu'on souffle de l'air contre le tranchant de la lame, soit avec un petit porte-vent, soit même avec la bouche, on entend un son qui est en général fort grave; il ne faudrait pas croire que le diamètre de ces vases dût être pris pour la longueur de la colonne d'air : cette longueur égale la hauteur du vase. Quant à la gravité du son, elle dépend de la longueur de la colonne d'air, de son diamètre et du peu d'étendue de l'embouchure.

c) Les tuyaux cubiques rendent des sons extrêmement purs et d'un timbre particulier; ils parlent avec une facilité et une promptitude étonnante; on pourrait les employer dans la construction des orgues; ils auraient d'ailleurs l'avantage de tenir peu de place, au moins pour les octaves les plus élevées : le son ut_3 est donné par un cube de 53 à 54 lig. de côté, tandis que le bourdon qui rend le même son a ordinairement 10 à 11 pouc. de longueur et 2 pouc. à 2 pouc. $\frac{1}{2}$ de côté. L'on voit, d'après cela, que le son d'un cube d'air ébranlé par une de ses arêtes est beaucoup plus grave que s'il était ébranlé dans toute l'étendue de l'une de ses faces; car une colonne d'air de 54 lignes de longueur, bouchée à un bout et ébranlée à plein orifice, donnerait le

son fa_4, qui est d'une octave et d'une quarte plus aiguë que le son ut_3 que fait entendre un cube de 54 lig. de côté, ébranlé partiellement. D'où il est facile de conclure que l'on pourrait passer du son d'un cube d'air à celui d'un tuyau très-mince, de même longueur que le côté du cube, par une série de sons gradués comme on voudrait, et qui seraient donnés par des tuyaux de même longueur, mais dont la grosseur irait toujours en décroissant. J'ai vérifié ce résultat sur dix tuyaux prismatiques carrés de trois pouces de longueur, dont les grosseurs étaient telles qu'ils parcouraient diatoniquement une octave et une tierce, à partir du cube qui donnait le son sol^{b}_{3}, et en finissant par le son si^{b}_{4}, qui était donné par le tuyau le plus mince.

d) On pourrait encore, pour économiser la place dans les jeux d'orgues, tirer parti de ce fait, que des tuyaux prismatiques carrés peuvent être diminués indéfiniment d'épaisseur par le rapprochement de leurs parois latérales : il ne m'a pas paru qu'en en diminuant l'épaisseur de moitié et même des deux tiers, le son subît une altération sensible quant à son intensité.

e) Il pourrait se faire qu'on n'obtînt pas le meilleur résultat possible en plaçant l'embouchure à l'une des extrémités des tuyaux, comme il est d'usage de le faire : il y aurait peut-être de l'avantage à la placer au milieu de la longueur. J'ai fait plusieurs tuyaux ainsi embouchés, ils avaient tous une fort belle qualité de son, soit qu'ils fussent ouverts ou fermés aux deux bouts. On observe aussi qu'en plaçant l'embouchure de côté et à une extrémité, comme dans les flûtes traversières, le son

à un timbre fort agréable que les tuyaux d'orgues ne présentent pas ordinairement.

f) L'on pourrait construire des tuyaux plats (ébranlés par leur tranche) d'une infinité de formes, cylindriques, triangulaires, elliptiques, etc.; je me suis assuré qu'on en peut tirer de fort beaux sons. La loi si simple des nombres de vibrations pour les tuyaux de forme semblable permet de déterminer facilement les dimensions qu'il faut donner à chaque tuyau pour qu'il rende tel ou tel son de la gamme.

g) Les tuyaux fort courts dans lesquels toutes les lames d'air perpendiculaires à l'embouchure ne sont pas animées du même mode de mouvement, ne paraissent pas susceptibles de donner des sons agréables. Ainsi, par exemple, les sphères d'air rendent des sons fort sourds et qui approchent du bruit, quant à l'impression qu'ils produisent sur l'oreille. Il en est de même des cubes embouchés par le milieu de l'une de leurs faces. Cette qualité de son pourrait tenir à ce que le nombre des harmoniques qui coexistent avec le son principal est peu considérable. Il est presque impossible d'en obtenir dans les cubes : dans les sphères, j'ai trouvé que le premier son étant appelé ut_1, le deuxième était ut_4, le troisième sol_4, et le quatrième ut_5; mais, vu ce grand intervalle entre le premier et le deuxième harmonique, il est à présumer que je n'ai pas employé les moyens convenables pour obtenir toute la série. Au reste je remarquerai que les tuyaux que j'ai employés n'étaient embouchés que dans un très-petit nombre de degrés de la circonférence de l'un de leurs grands cercles, parce que je n'avais en vue que de déterminer la loi des nombres

des vibrations des masses sphériques d'air. Il pourrait se faire que la série des harmoniques eût été différente et plus facile à obtenir si l'embouchure eût été plus étendue ; et peut-être aussi que les sons seraient alors devenus plus forts et plus agréables. Le son ut_3 est donné par une sphère d'air d'environ quatre pouces et demi de diamètre.

h) Il y a une observation importante à faire sur les tuyaux courbes, c'est que la matière qui en forme les parois a une influence notable sur les qualités du son et sur le nombre de vibrations. Il en est de même de l'épaisseur des parois : en conséquence, il faut avoir égard à cette circonstance, et dans les tuyaux de forme semblable il faut faire les épaisseurs proportionnelles aux dimensions linéaires des masses d'air. Je reviendrai sur ce sujet dans un travail qui suivra immédiatement celui-ci.

i) Les lois des nombres des vibrations pour les tuyaux de forme semblable, et pour les lames d'air, conjointement avec la loi de Bernouilly pour les tuyaux ébranlés à plein orifice, loi qui est suffisamment exacte pour les colonnes d'air d'un petit diamètre, embrassent, à très-peu près, tous les cas qui peuvent se présenter dans la construction des tuyaux d'orgues, soit bouchés, soit ouverts ; néanmoins je crois devoir indiquer ici un moyen fort simple pour connaître tout d'un coup les dimensions de tous les tuyaux d'une même forme qui sont susceptibles de rendre le même son, comme nous l'avons vu : il y en a une infinité.

Supposons que l'on ait, par exemple, un certain nombre de tuyaux bouchés prismatiques carrés, qui rendent le même son ; qu'on prenne leur longueur pour les

ordonnées, le côté de leur base pour des abscisses, et qu'on les rapporte à deux axes rectangulaires, il est clair que l'on pourra, par ce procédé, construire une courbe qui donnera les dimensions de tous les tuyaux intermédiaires à ceux que l'expérience aura indiqués. C'est ainsi qu'a été construite la courbe qui est représentée dans la planche. L'ordonnée OY est la longueur d'un tuyau infiniment mince qui rendrait le son $sol\frac{b}{3}$, et l'abscisse OX de même longueur que OY représente le côté d'une lame d'air carrée infiniment mince, ébranlée dans toute l'étendue de ce même côté, et qui rendrait par conséquent le même son $sol\frac{b}{3}$. Tous les autres points de la courbe ont été donnés par l'expérience.

Il est inutile de remarquer que cette courbe serait la même pour tous les sons pour lesquels on entreprendrait de la construire; c'est une conséquence de ce que les nombres de vibrations sont réciproques aux dimensions linéaires pour les tuyaux de forme semblable.

j) Je demande qu'il me soit permis de dire ici quelques mots d'un petit instrument dont le jeu est resté jusqu'à présent sans explications; je veux parler de ce jouet d'enfant connu sous le nom de *toupie d'Allemagne*. On sait que c'est une sphère creuse percée d'un trou dont les bords sont tranchans, et que quand cette sphère est emportée par un mouvement de rotation rapide, elle fait entendre un son assez pur. Il est facile de se rendre raison de ce phénomène, en remarquant que si l'on souffle contre le bord tranchant de l'orifice de la sphère, soit avec un petit porte-vent, soit avec la bouche, elle

rend le même son que celui qu'elle fait entendre lorsqu'elle tourne sur son axe. Dans le premier cas, c'est un courant d'air qui est chassé contre les bords de l'orifice; dans le dernier, ce sont les bords tranchans de l'orifice qui frappent l'air extérieur, ce qui revient au même; et le fluide contenu dans la sphère, quoiqu'il soit emporté par le mouvement de rotation, ne laisse pas de vibrer comme si ce mouvement n'existait pas. On pourrait donc, au moyen de la loi des nombres de vibrations réciproques aux dimensions linéaires, pour les tuyaux de forme semblable, déterminer, *à priori*, le son d'un de ces instrumens, dans le cas où sa cavité serait exactement sphérique.

Recherches *physico-chimiques sur le Charbon.*

Par M. Cheuvreusse,
Professeur de Chimie à l'Ecole royale de l'Artillerie et du Génie (1).

Mémoire présenté à l'Académie des Sciences le 29 septembre 1823.

Les savans, tant anciens que modernes, ont publié un grand nombre de travaux sur les propriétés du charbon;

(1) Les faits contenus dans ce Mémoire qui sont relatifs aux propriétés conductrices pour l'électricité des charbons diversement calcinés, avaient déjà été aperçus par Priestley. M. Cheuvreusse, sans connaître le travail du savant Anglais, était arrivé aux mêmes conséquences par une voie différente et qui nous a semblé mériter d'être connue.

et malgré l'étendue de leurs recherches, la plupart de ces travaux sont incomplets.

En considérant le charbon sous le rapport de l'électricité, ils ont remarqué qu'il existe des charbons qui donnent un libre passage au fluide, tandis que d'autres refusent de le transmettre; mais ils n'ont pas analysé les circonstances de ce phénomène.

D'un autre côté, les charbons avaient été regardés en général comme de mauvais conducteurs du calorique: néanmoins l'expérience montre qu'il y a une grande différence à établir entre eux.

Si l'on examine les travaux entrepris sur la propriété hygrométrique des charbons, on voit qu'ils n'ont point été suivis.

La combustibilité des charbons a été étudiée; mais les résultats présentés laissent beaucoup à désirer.

L'état d'imperfection dans lequel se trouvent maintenant nos connaissances sur le charbon m'a engagé à soumettre à un nouvel examen les propriétés de ce corps combustible.

Je ferai voir que les charbons peuvent se trouver dans deux états relativement à leur faculté conductrice de l'électricité; puis je chercherai à prouver qu'il en est de même aussi quant à leur faculté conductrice du calorique, et que la même espèce qui conduit l'électricité conduit également le calorique.

Je donnerai ensuite la densité relative de plusieurs charbons, ce qui conduira, en parlant de leur propriété hygrométrique, à établir les rapports des densités des charbons avec la faculté absorbante.

Enfin, en traitant de la combustibilité, je ferai voir

qu'un charbon provenant du même morceau de bois peut se trouver plus ou moins combustible, selon son état de carbonisation.

De la Carbonisation.

Si l'on prend deux morceaux de bois provenant de la même branche, et qu'on les soumette à la distillation dans une cornue de grès ou de porcelaine, jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de vapeurs, on aura deux charbons de même nature et dans le même état de carbonisation.

Si après cette première carbonisation on replace l'un des morceaux de charbon dans la cornue, et qu'on le fasse chauffer jusqu'à le faire rougir, on aura de ces deux opérations deux charbons qui jouiront de propriétés bien différentes.

Tous les bois légers et denses qu'on a pu se procurer, tant indigènes qu'exotiques, soumis à ces deux distillations, ont donné des charbons qui ont présenté les mêmes différences.

Les charbons des substances animales résultant d'une première distillation ne peuvent changer d'état que par un coup de feu violent.

Pour changer les propriétés d'un charbon végétal, il suffit de le faire rougir; le mode d'application du calorique est indifférent : qu'on opère en vaisseaux clos ou à l'air libre, le résultat est le même; si on opère par ignition, le mode d'extinction est également indifférent.

En général, les charbons peuvent se trouver dans deux états opposés, résultant de l'intensité du calorique qu'on leur a appliqué lors de leur préparation.

Dans le cours de ce Mémoire, je distinguerai provisoirement les deux sortes de charbons; en charbon au premier état, et en charbon au deuxième état de carbonisation.

De la Conductibilité pour l'électricité.

On a remarqué depuis long-temps que parmi les charbons il en est qui jouissent de la propriété de transmettre le fluide électrique, et on a négligé l'étude des circonstances qui accompagnent cette faculté.

Dans les expériences que je vais avoir l'honneur d'exposer, tous les charbons dans le premier état de carbonisation et qui sont nouvellement obtenus ou desséchés ne conduisent jamais l'électricité, et ils ne deviennent conducteurs que lorsqu'ils ont subi l'action d'un fort coup de feu.

Un fait qu'il importe de citer, c'est que le charbon qui n'est pas conducteur ne développe pas d'électricité par son contact avec le zinc ou avec le fer, et lorsqu'il est conducteur, il produit de l'électricité par ce contact.

La propriété conductrice d'un charbon pour l'électricité peut donc se vérifier par le contact du zinc ou du fer, et ce moyen simple est même préférable aux autres, en ce que, si les charbons non-conducteurs sont humides, ils transmettent l'électricité. Ainsi l'emploi de l'un de ces deux métaux, et principalement du zinc, sera le mode d'essai dont nous nous servirons pour reconnaître l'état de conductibilité d'un charbon pour l'électricité.

Si un charbon à examiner se trouvait en poudre, on en formerait une pâte avec de l'eau gommée, et on

obtiendrait une tablette qu'on soumettrait facilement à l'essai. La seule précaution à prendre est de n'ajouter que la quantité de mucilage nécessaire pour former une pâte.

On peut donner à un charbon au premier état de carbonisation la faculté de conduire le fluide électrique à l'un des points de son étendue, en faisant rougir ce point. On exécute facilement cette expérience en chauffant à la flamme d'une chandelle un petit cylindre de charbon ; lorsqu'il est rouge, on le trempe dans l'eau. Si on le soumet à l'essai, on voit qu'il est devenu conducteur de l'électricité.

Les meilleurs charbons conducteurs que j'ai pu rencontrer jusqu'à présent sont ceux qui ont échappé à la combustion, lors de la réduction des minerais de fer au haut fourneau, et qu'on retire avec les laitiers.

D'après ces résultats, nous pouvons ranger tous les charbons en deux grandes classes : en charbons conducteurs de l'électricité et en charbons non-conducteurs.

De la Conductibilité pour le calorique.

On n'a encore rien publié sur la conductibilité du charbon pour le calorique; et ce corps combustible, ayant été reconnu pour présenter le plus de résistance au fluide, a été nommé *mauvais conducteur*. L'erreur dans laquelle on est tombé provient de ce qu'on a cru que le charbon existait dans un seul état; mais les expériences qui vont suivre prouveront que, parmi les charbons, il en est qui refusent de conduire le calorique, tandis qu'il en est d'autres qui le transmettent avec assez de facilité; et ce qui est extrêmement remar-

quable c'est que les charbons conducteurs de l'électricité sont également ceux qui conduisent le calorique.

Si l'on choisit un morceau de charbon sans fissures et sans nœuds, de forme cylindrique de 0m.,006 (3 lig.) de diamètre environ, au premier état de carbonisation ; qu'on expose une de ses extrémités à la flamme d'une chandelle, la partie chauffée entrera en combustion, et la propagation ne s'effectuera pas sensiblement au-delà de la portion plongée dans la flamme.

Si l'on répète la même opération sur un cylindre de charbon provenant du même bois au deuxième état, et par conséquent conducteur de l'électricité, les faits qu'on observera seront différens : d'abord, le calorique se propagera d'un bout à l'autre, et la sensation de la chaleur pourra devenir telle que des doigts délicats refuseraient de tenir le charbon en expérience ; on remarquera de plus que l'extrémité plongée dans la flamme rougit, et ne brûle pas d'une manière aussi prononcée que dans le premier cas.

La théorie indique déjà que les faits observés doivent se passer ainsi : dans la première expérience, l'accumulation du calorique détermine l'ignition ; et dans la seconde, la propagation est une cause qui s'oppose à l'inflammation.

Ces expériences simples peuvent donner un aperçu de la différence de conductibilité entre les deux charbons ; mais elles ne paraîtraient pas suffisantes pour les physiciens habitués à porter la plus grande rigueur dans toutes leurs recherches ; c'est pourquoi j'ai fait usage d'un petit appareil que je vais décrire.

Pour faire cette expérience, on peut prendre un vase

de terre ou de bois dont les parois soient égales d'épaisseur ; on perce ces parois de deux trous de 0^{m},015 à 0^{m},020 de diamètre, destinés à recevoir deux charbons de même dimension, dont les longueurs soient exactement pareilles et ne diffèrent entre eux que par leur état de carbonisation.

Il faut que l'extrémité extérieure de chacun de ces charbons soit creusée pour recevoir la boule d'un thermomètre qu'on maintient en contact et qu'on soutient dans une direction horizontale ; ensuite on remplit le vase avec du mercure dont la température approche de celle de l'ébullition.

Il résulte de cette disposition que les deux charbons sont dans les mêmes circonstances, puisque leur extrémité intérieure se trouve exposée à la même source de calorique.

Dans l'une des expériences faites avec cet appareil, en employant deux charbons de peuplier, l'un au premier état de carbonisation, l'autre au deuxième, et en se servant de deux thermomètres comparables marquant 20° avant de commencer l'opération, j'ai observé que le thermomètre appliqué sur le charbon au deuxième état s'élève rapidement dès l'instant que le vase est rempli de mercure, tandis que l'autre est encore stationnaire, et que quelques instans après il indique 38°, celui du charbon préparé au premier état de carbonisation n'étant encore qu'à 23°, c'est-à-dire, à 15° au-dessous du premier.

Le thermomètre logé sur le charbon appartenant au deuxième état de carbonisation est parvenu rapidement

à son *maximum* de 40°, tandis que l'autre, après un temps plus long, n'a pu dépasser le terme de 25°.

Cette dernière expérience ne laisse plus de doute sur la différence de conductibilité des charbons pour le calorique, et elle prouve de plus que les charbons conducteurs de l'électricité sont également conducteurs du calorique.

On a donc un moyen sûr de reconnaître, *à priori*, si un charbon est propre à être employé comme corps non conducteur dans les appareils ou dans les constructions physiques (1).

De la Densité.

On sait que la pesanteur spécifique des charbons, en général, varie selon la densité des bois d'où ils proviennent; mais, dans le cours de mes expériences, j'ai toujours remarqué qu'à poids égal, les charbons obtenus au premier état de carbonisation présentaient constamment un plus grand volume que ceux qui sont au second état, c'est-à-dire, qui avaient été préparés dans des circonstances contraires.

Pour vérifier ce premier aperçu, je cherchai la den-

---

(1) L'expérience a été répétée au laboratoire de l'Ecole royale de l'Artillerie et du Génie, au mois de décembre 1823, en présence de MM. les membres du Jury d'examen de cette Ecole, au nombre desquels se trouvait M. Arago : les résultats ont été plus marqués que dans celle qui vient d'être relatée, attendu que la température atmosphérique n'était que de 10° : en effet, la différence de température des charbons a été trouvée de 27° au lieu de 15.

sité du charbon de bourdaine, considéré dans les deux états. Afin d'arriver à ce but, j'ai pesé des volumes égaux de charbons divisés au même degré de ténuité, et dans les deux états de carbonisation déjà cités, j'ai trouvé que la densité du charbon de bourdaine, au premier état de carbonisation, est à celle du charbon de même bois au deuxième état, comme 4 est à 3.

Je pris ensuite des charbons dans la limite extrême de densité que m'offraient ceux que j'avais à ma disposition; savoir : le peuplier et le gaïac, dont les bois ont pour densités respectives 0,3042 et 1,3132; mais au lieu de les peser après les avoir pulvérisés, comme dans le premier cas, j'ai pris leur poids dans l'air et dans l'eau en déterminant la quantité qu'ils absorbent de cette dernière : alors j'ai obtenu les résultats suivans :

Charbon de peuplier.	1re carbonisation,	0,12372;
	2e carbonisation,	0,18743.
Charbon de gaïac.	1re carbonisation,	0,68718;
	2e carbonisation,	0,84829.

On tirera de ce tableau la conséquence que pour le bois léger, celui de peuplier, par exemple, le charbon, dans son premier état de carbonisation, a une densité qui est les deux tiers de celle du charbon au deuxième état de carbonisation; tandis que, pour les bois compactes, tel que le gaïac, la densité du charbon au premier état est un peu au-dessus des trois quarts de celle du charbon fourni par celui du deuxième état.

Ces expériences prouvent encore que les charbons préparés avec le même bois peuvent être, sous le rap-

port de la densité, distingués en deux classes, et que les charbons les plus denses sont ceux qui conduisent l'électricité et le calorique.

De la Propriété hygrométrique.

Les charbons, considérés sous le point de vue qu'ils ont d'absorber les vapeurs aqueuses, peuvent aussi être distingués en deux classes, quoiqu'ils proviennent toujours du même bois, comme on va le voir.

J'ai pris deux charbons de peuplier, l'un dans le premier état de carbonisation, l'autre dans le deuxième. Ces deux charbons ont été calibrés exactement, puis on les a débarrassés de leur humidité, et non de l'air qu'ils pouvaient contenir, afin de mettre ces expériences en harmonie avec les opérations des poudreries.

Les deux charbons de bois légers bien secs furent pesés et placés dans un vase dont l'air était humide et où l'hygromètre indiquait le *maximum*; à chaque vingt-quatre heures, on repesait les charbons, et ces pesées se continuèrent pendant un mois.

On répéta concurremment les mêmes opérations sur des charbons de bois dur, celui de gaïac pris dans les deux états de carbonisation et parfaitement sec. J'indiquerai seulement dans le tableau qui suit les résultats obtenus au premier, au troisième, au huitième et au trentième jour, les observations intermédiaires offrant peu d'intérêt.

J'ai aussi voulu déterminer l'absorption de l'eau à l'état liquide par les charbons ci-dessus. Pour y parvenir, après avoir terminé les expériences dans l'air hu-

mide, les quatre charbons ont été saturés par un séjour prolongé sous l'eau.

Quantités d'eau absorbées par 100 parties de charbon.

		DURÉE de l'exposition à l'humidité.				SATURÉS d'eau par immersion.
		1er jour.	3e jour.	8e jour.	30e jour.	
Charbon de peuplier.	1re carbonisation.	0,176	0,235	0,235	0,235	752,94
	2e carbonisation.	0,153	0,230	0,230	0,235	482,08
Charbon de gaïac.	1re carbonisation.	0,058	0,082	0,082	0,119	77,24
	2e carbonisation.	0,021	0,040	0,058	0,094	45,98

En comparant les résultats renfermés dans ce tableau, on pourra conclure que les charbons de bois léger et de bois dense, dans leur premier état de carbonisation, absorbent une quantité d'humidité plus forte que les mêmes charbons qui sont au deuxième état, et que cette absorption s'exerce plus promptement par les premiers que par les seconds, qui cependant, à la longue, se chargent de la même quantité d'humidité.

Il importait aussi de connaître si les charbons du même bois, préparés par les deux carbonisations, absorbaient de la même manière lorsqu'ils étaient réduits en poudre. L'expérience fit voir que l'absorption exercée par le charbon de peuplier au premier état de carbonisation se faisait plus promptement que par la poudre de charbon du même bois au deuxième état de carbonisation : toutefois les deux charbons pulvérisés ont été

saturés avec le temps, des mêmes quantités d'eau qui furent trouvées moindres que celles qu'avaient pu prendre les mêmes charbons entiers.

Ainsi il résulte encore de ces différentes expériences sur l'absorption que les charbons préparés avec les mêmes bois, mais par l'action d'un coup de feu différent, peuvent être considérés en deux classes.

De la Combustibilité.

La propriété combustible des charbons n'a été examinée jusqu'à présent que relativement aux espèces végétales qui les ont fournis; mais les expériences que je vais décrire prouveront d'une manière évidente que l'état de carbonisation d'un charbon est la cause principale qui fait varier cette propriété, si recherchée dans le charbon destiné à la fabrication de la poudre à canon.

Si l'on expose à l'action de la flamme d'une chandelle un petit cylindre de charbon de bourdaine dans son premier état de carbonisation, il rougit et brûle au point chauffé, et la combustion continue lorsqu'on l'abandonne à l'air.

Si l'on répète la même opération sur un cylindre de charbon également de bourdaine, mais dans son deuxième état de carbonisation, il rougit et brûle difficilement, et lorsqu'on l'abandonne à l'air, il s'éteint promptement.

Plongé dans le gaz oxigène, le charbon au premier état de carbonisation brûle avec éclat, tandis que la combustion de l'autre charbon est moins rapide; cette différence de combustibilité est rendue bien sensible par l'expérience suivante : On prend deux charbons de bour-

daine dans les deux états différens de carbonisation, on leur donne la forme conique par l'action d'une lime; ces deux morceaux sont fixés chacun à l'une des extrémités de deux fils de fer, et les deux extrémités opposées de ces fils sont implantées sur un bouchon de liége, de manière que les cônes de charbon sont opposés par leur base, à la même hauteur, et sans qu'ils se touchent.

Après avoir fait rougir simultanément les sommets des cônes, on les introduit dans un flacon rempli de gaz oxigène, mélangé d'air atmosphérique dans des proportions égales, en ayant soin de ne pas fermer entièrement le flacon.

On remarque dans cette expérience que la combustion semble être la même pour les deux charbons dans le commencement de l'opération; mais que bientôt la flamme disparaît de la surface du charbon de deuxième carbonisation, et qu'il reste rouge sans brûler avec une vive lumière; tandis qu'à la même époque, le charbon de la première carbonisation est entièrement consumé.

L'affinité plus grande de l'oxigène pour les charbons de première carbonisation que pour les autres est encore prouvée par la décomposition de l'eau, qui s'opère plus facilement sur les premiers que sur les seconds, tel que le fait voir l'expérience simple que je vais rapporter.

On prend deux charbons provenant d'une même branche de bourdaine, l'un dans le premier état de carbonisation, l'autre dans le deuxième. Après les avoir mouillés légèrement, on les loge dans un creuset d'argile rempli de sable, qu'on fait chauffer promptement jusqu'au rouge. Si après le refroidissement on recherche les char-

bons, on remarque que celui au premier état de carbonisation est entièrement détruit; et qu'il est remplacé par quelques traces de résidu de sa combustion, tandis que le charbon au deuxième état est resté sans altération.

Sans anticiper sur ce que je me propose de publier plus tard sur la combustibilité relative des charbons, eu égard à l'espèce végétale, au mode de carbonisation, etc., on peut déjà inférer des expériences précitées que les charbons de première carbonisation sont plus combustibles que les autres, lors même qu'ils proviennent de la même espèce de bois.

On est encore en droit de conclure de ces dernières expériences que les charbons peuvent être rangés en deux classes, soit par rapport à leur combustibilité, soit pour les autres propriétés que nous avons déjà examinées.

Conclusion générale et Applications.

En examinant les faits renfermés dans ce Mémoire, on voit qu'ils ont pour objet de fixer l'attention sur les propriétés du charbon qui doivent intéresser le poudrier.

Carbonisation. J'ai d'abord fait voir que les substances susceptibles d'être converties en charbon peuvent donner des charbons différens, selon la quantité de calorique employé à les produire; ce qui m'a conduit à ranger provisoirement toutes les matières charbonneuses en deux grandes classes, selon l'état plus ou moins avancé de leur carbonisation, et attendu que les charbons de ces deux classes jouissent de propriétés diamétralement opposées.

Conductibilité pour l'électricité. J'ai ensuite considéré ces deux sortes de charbons sous le rapport de leur

propriété conductrice de l'électricité, et l'expérience a prouvé qu'un charbon appartenant à la première classe n'est pas conducteur dans l'état de siccité, tandis qu'un charbon appartenant à la deuxième est conducteur parfait.

J'ai fait ressortir l'avantage d'employer le contact du zinc pour reconnaître à l'avance si un charbon est conducteur du fluide.

En cherchant à connaître les charbons dont la conductibilité était la plus grande, j'ai trouvé que cette propriété est à son *maximum* dans ceux qui ont été les plus chauffés, comme il est facile de le remarquer sur les charbons échappés à la combustion dans les hauts fourneaux. L'électricité que développent ces charbons par leur contact avec le zinc les place au-dessus de l'argent pour cet effet.

Des applications découlent naturellement de ces observations. 1°. C'est qu'il serait possible de composer des piles qui présenteraient de l'économie et de la supériorité sur celles qui sont en usage, en remplaçant le cuivre par les charbons des hauts fourneaux et par d'autres qui auraient été exposés à une température élevée; 2°. une application non moins importante, c'est que toutes les fois qu'on voudra transmettre l'électricité au sol, comme dans la pose des paratonnerres, il y aura de l'avantage à n'employer que ces derniers charbons, qui, à leur défaut, peuvent être remplacés par le coke, de beaucoup préférable aux charbons de bois ordinaire obtenus par un procédé analogue à celui qui procure la braise.

Conductibilité pour le calorique. Les charbons provenant de la même substance, dans leur premier et dans leur deuxième état de carbonisation, ont aussi présenté

des caractères opposés, relativement à leur conductibilité pour le calorique. On remarque ici un fait bien important : c'est que les charbons qui conduisent l'électricité sont précisément ceux qui conduisent le calorique.

Puisque la faculté conductrice du charbon pour l'électricité et le calorique est la même pour tous les charbons dans leur deuxième état, il sera facile de vérifier ces propriétés l'une par l'autre : ainsi, l'emploi du zinc indiquera à l'avance si un charbon peut servir comme obturateur du calorique, dans une foule de circonstances qu'il importe peu de rapporter ici.

Densité. J'ai aussi déterminé la densité relative des deux espèces de charbon, qu'on n'avait examinée jusqu'à présent que dans les différentes espèces de bois, et j'ai trouvé que les charbons au premier état de carbonisation sont généralement moins denses que ceux qui sont au deuxième état.

Absorption de l'humidité. La faculté absorbante que possèdent les charbons pour l'humidité a été aussi un sujet de mes recherches. J'ai démontré :

1°. Que les charbons du même bois, et dans deux états différens de carbonisation, absorbent avec le temps les mêmes quantités d'humidité lorsqu'ils sont exposés à l'air saturé ;

2°. Que cette absorption est toujours plus prompte pour les charbons au premier état de carbonisation que pour les autres ;

3°. Que les charbons entiers absorbent d'autant plus d'eau que leur densité est moindre ;

4°. Enfin, que les charbons dans l'état de division se conduisent de la même manière qu'avant leur pul-

vérisation, mais que la quantité d'eau absorbée est moindre.

D'après ces faits, on voit que si l'on emploie le charbon comme substance absorbante, dans quelques circonstances, il convient de donner la préférence aux charbons dans leur premier état de carbonisation provenant de bois légers non pulvérisés.

Combustibilité. Les savans qui ont examiné la combustibilité des charbons se sont attachés à donner la différence qu'ils ont observée en brûlant du charbon de diverses substances : malgré l'intérêt que présentent leurs travaux, on y remarque une lacune bien évidente : c'est qu'ils n'ont pas constaté le degré de carbonisation des charbons mis en expérience.

Le but que je me suis proposé pour le présent n'a été que de faire ressortir la grande différence de combustibilité qui existe entre deux charbons de la même substance, dans la limite extrême de carbonisation; et l'expérience a fait connaître que la combustibilité du charbon dans son premier état de carbonisation est plus facile à opérer que celle du charbon du même bois dans le second état.

Sans doute qu'il serait important de montrer l'échelle de combustibilité d'un même charbon pris à son premier point de carbonisation, en le suivant dans les différens états par lesquels il passe avant qu'on lui ait fait subir le *maximum* de température.

Je me propose de publier par la suite ce travail, dont l'exécution est aussi longue que délicate, lorsqu'on veut soumettre à l'examen les différentes espèces de charbons.

Tels sont les résultats des expériences que j'ai entreprises pour étudier les propriétés des charbons, et d'après lesquelles on devrait distinguer en deux grandes classes toutes les substances carbonisées appartenant à une même espèce quelconque.

Dans la première, je range tous les charbons obtenus au premier état de carbonisation, lesquels sont à la fois les moins denses, les moins conducteurs de l'électricité et du calorique, les plus combustibles, et absorbant le plus rapidement l'humidité.

Dans le deuxième, je range tous les charbons qui ont été soumis à une haute température, ou qui se trouvent dans le deuxième état de carbonisation, lesquels sont à la fois les plus denses, les plus conducteurs de l'électricité et du calorique, les moins combustibles, et absorbant plus lentement l'humidité atmosphérique, quoique s'en saturant à la longue au même degré.

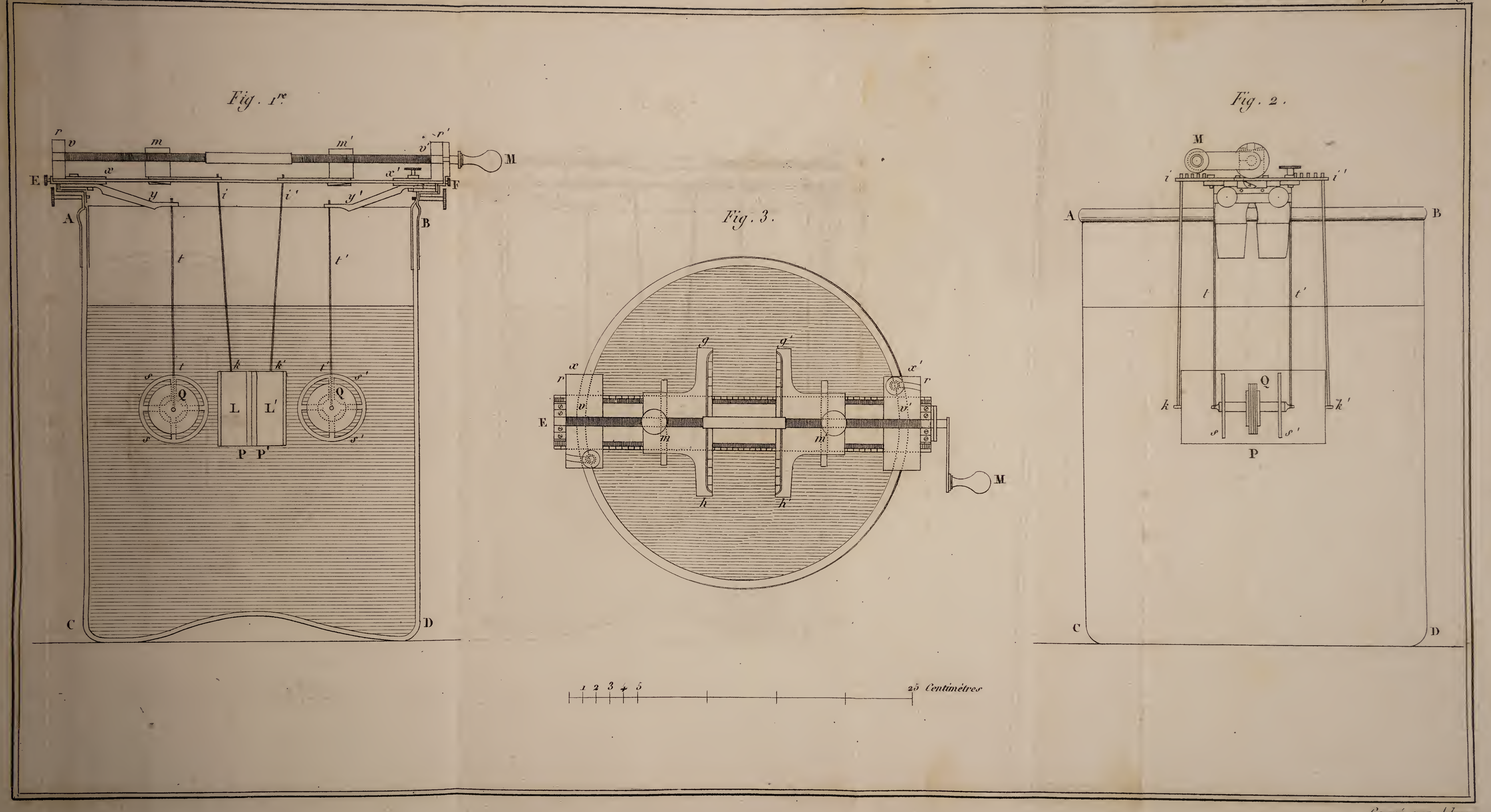
Nota. Dans un prochain Mémoire, où j'examinerai les propriétés chimiques du charbon, j'exposerai les causes auxquelles peut être dû le changement d'état qui fait l'objet de celui-ci (1).

---

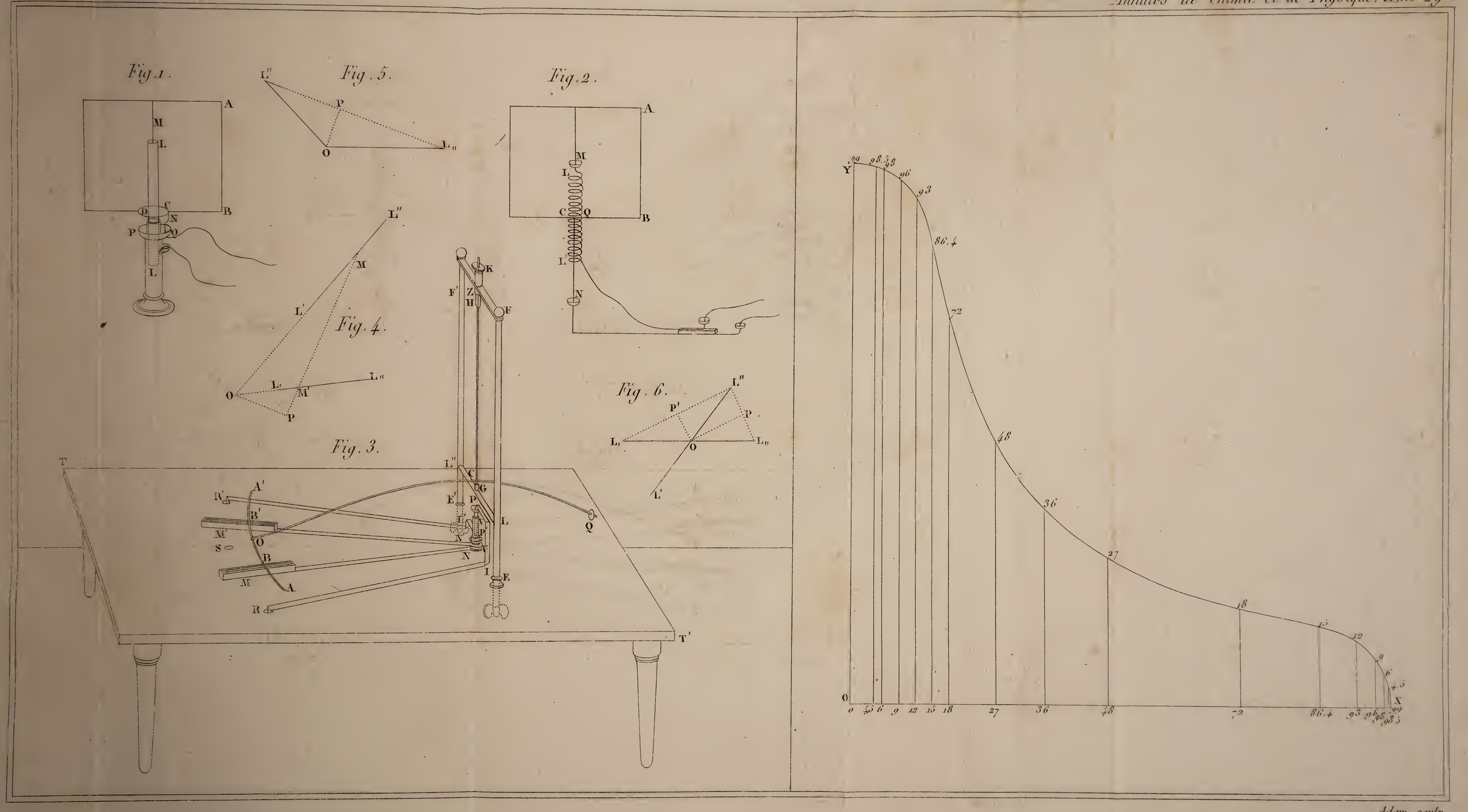
(1) Le travail de M. Chenvreusse est remarquable par l'observation, qui n'avait pas été faite encore, que le charbon fortement calciné est conducteur du calorique. Ce qu'on y trouve sur la différence de combustibilité des charbons obtenus à des températures très-différentes est connu depuis long-temps des chimistes, et mis en pratique dans la fabrication de la poudre.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	756,23	+28,2	62	756,20	+30,1	55	756,13	+30,9	55	756,94	+24,3	53	+30,9	+16,6	Nuages clairs.	N. E.
2	757,78	+30,5	62	755,93	+33,0	46	756,18	+32,6	47	756,40	+24,0	64	+33,0	+16,8	Nuageux.	S. O.
3	759,06	+21,1	68	758,28	+24,5	62	756,74	+25,6	49	754,82	+20,8	55	+25,6	+16,9	Trouble. et nuageux.	N. O.
4	752,70	+22,5	75	751,51	+24,6	69	750,80	+20,8	90	747,30	+21,7	81	+24,6	+15,3	Couvert.	S. S. O.
5	747,93	+19,5	84	748,70	+23,5	61	749,14	+19,1	79	751,15	+15,0	95	+23,8	+14,5	Nuageux.	S. O.
6	753,53	+20,4	66	753,24	+22,5	56	752,86	+20,9	62	752,23	+15,7	96	+22,5	+12,8	Très-nuageux.	S. O.
7	754,25	+20,0	84	754,55	+22,0	72	753,74	+25,0	62	754,24	+19,5	92	+25,0	+15,7	Couvert.	S. O.
8	753,43	+21,3	76	752,78	+22,8	72	751,94	+24,0	61	752,44	+18,5	72	+24,0	+16,9	Quelques éclaircies.	S. O.
9	752,42	+20,2	76	752,00	+22,5	61	751,50	+21,7	57	750,96	+14,0	98	+22,5	+14,0	Couvert.	S. O.
10	751,48	+18,8	78	751,46	+18,4	81	752,02	+15,5	93	752,66	+13,0	95	+19,5	+12,8	Nuageux.	O. S. O.
11	755,64	+18,0	82	756,03	+20,9	68	756,88	+18,6	68	758,50	+14,0	88	+20,9	+12,0	Nuageux.	O.
12	759,26	+20,3	81	758,68	+20,9	64	757,90	+21,3	56	757,10	+15,3	70	+21,5	+10,3	Nuageux.	O.
13	754,63	+20,9	66	753,45	+21,8	50	751,53	+19,8	74	749,44	+15,0	98	+23,5	+10,7	Voilé.	S. O.
14	746,78	+19,1	74	746,97	+21,4	67	747,23	+18,0	92	746,83	+15,0	94	+21,4	+15,0	Très-nuageux.	S. O.
15	747,35	+15,7	87	747,52	+16,2	94	748,10	+18,2	87	749,40	+15,0	92	+18,3	+12,5	Pluie continuelle.	O. S. O.
16	752,98	+16,8	94	753,63	+20,0	81	753,85	+20,6	78	754,70	+15,9	90	+20,6	+14,3	Pluie abondante.	O. N. O.
17	754,52	+18,7	76	754,32	+17,7	95	754,40	+20,5	73	754,70	+15,8	96	+21,8	+14,5	Forte averse.	N. O.
18	754,83	+19,0	91	755,17	+20,6	76	755,86	+20,0	73	758,78	+16,8	92	+20,6	+15,0	Couvert.	N. O.
19	761,75	+16,7	89	761,42	+19,1	75	760,38	+19,4	74	759,54	+14,0	93	+19,4	+13,0	Couvert.	N. O.
20	763,11	+16,1	90	763,23	+18,8	78	762,90	+20,1	60	764,47	+15,5	90	+20,3	+11,5	Nuageux.	N.
21	764,60	+19,1	84	764,18	+22,1	69	763,28	+23,0	64	762,90	+19,0	88	+23,0	+12,2	Nuageux.	N.
22	761,88	+20,4	86	761,40	+23,5	70	760,18	+24,0	70	760,00	+19,0	91	+24,0	+15,0	Petits nuages.	N. N. E.
23	759,57	+21,2	78	758,65	+24,5	67	757,90	+25,7	59	757,80	+21,9	76	+25,8	+14,4	Superbe.	N. N. E.
24	758,43	+21,5	75	757,90	+26,6	61	757,54	+27,5	53	757,65	+21,6	65	+27,5	+16,0	Nuageux.	N O.
25	758,36	+24,7	74	758,14	+27,6	55	757,14	+29,2	50	757,66	+22,5	78	+29,2	+16,5	Petits nuages.	N.
26	758,64	+25,5	73	758,23	+30,0	51	757,58	+29,6	51	757,28	+24,0	72	+30,0	+17,0	Nuageux.	E.
27	756,32	+21,7	78	755,69	+27,1	69	755,00	+27,1	68	755,12	+21,0	95	+27,1	+20,7	Nuageux.	S. S. E.
28	756,96	+21,0	84	756,94	+21,8	79	757,12	+21,3	79	758,70	+17,5	90	+22,3	+16,9	Couvert.	O.
29	760,66	+21,0	78	760,68	+21,1	75	760,02	+22,1	70	759,72	+19,2	82	+23,3	+17,0	Couvert.	N. O.
30	760,22	+22,8	78	759,55	+25,6	74	758,54	+25,5	75	758,28	+20,8	90	+25,6	+15,0	Nuageux.	N. O.
31	758,20	+21,7	80	757,52	+24,7	66	756,58	+26,5	54	756,50	+21,7	60	+26,5	+16,2	Superbe.	N.
1	753,86	+22,2	73	753,56	+24,4	63	753,11	+23,6	65	752,91	+18,6	80	+25,1	+15,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	755,08	+18,1	83	755,04	+19,7	75	754,91	+19,6	74	755,35	+15,2	90	+20,8	+12,9	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 3,685
3	759,44	+22,1	79	758,99	+24,9	67	758,26	+25,6	63	758,33	+20,7	81	+25,8	+16,1	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 3,455
	756,24	+20,9	78	755,96	+23,1	68	755,52	+23,0	67	755,62	+18,3	83	+24,0	+14,8	Moyennes du mois,	+19°,4.

Frigido
Masse
APENNINS
Montignoso
Serravezza
Lac de Perotto
Cinquale
Querceta
Vallecchia
Fe. de Pietra Santa
Pietra Santa
Val di Castello
MER MÉDITERRANÉE
Camajore
Tonfaro
Motrone
Fe. de Camajore
Mommio
Corsanico
Bargecchia
Stiava
Pa. Elici
Montraneito
Montigiano
Viareggio
Burlamacca
Massarosa
Bozzano
Torre del Lago
Lac de Massaciuccoli
Massaciuccoli
Etangs
Ripafratta
Serchio
Fe. Morto
Etangs
PISE
Arno



Gravé par Adam.



Adam sculp.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU VINGT-NEUVIÈME VOLUME.

